

NTT DOCOMO

テクニカル・ ジャーナル

Technical Journal

Vol.23

Apr.2015 | No.1

DOCOMO Today

- ネットワークノードへの仮想化技術適用の取組み

Technology Reports

- デバイスコネクトWebAPI
— 多種多様なスマートフォン連携デバイスのためのWebインタフェース —
- 高速大規模画像認識エンジンの開発とAPIの提供
- oneM2Mサービスミドル機能と
3GPP-MTC伝送網とのインターワーキング技術
- 信頼性の高いサービス提供に向けた
サービス制御装置「F-SCP」の開発



NTT
docomo

ネットワークノードへの仮想化技術適用の取組み



ネットワーク開発部 部長

すぎやま かずお
杉山 一雄

ドコモのR&Dでは、現在、モバイルネットワークノードに仮想化技術を適用したシステムの開発に取り組んでいます。

仮想化とは、サーバなどのハードウェア機器を物理的な構成にとらわれず論理的に利用（例えば、1台の物理サーバを複数の論理サーバとして利用したり、逆に、複数の物理サーバを論理的に1台のサーバとして利用）する技術です。現在、モバイルネットワークを構成するネットワークノード（例えば、EPC：Evolved Packet Core）は、それぞれが専用ハードウェア上でソフトウェアを動作させることで、ネットワーク機能を実現しています。これらのネットワークノードに対して仮想化技術を適用することにより、複数のネットワークノードで共有可能な汎用ハードウェア上（ネットワーク仮想化基盤と呼びます）で、各ネットワークノードのソフトウェアを動作させることができますようになります。

ネットワークノードへ仮想化技術を適用するメリットは以下のとおりです。

- ①災害や大規模イベントによりトラフィックが一時的に増加しネットワークノードにおいて処理容量が不足となることで、通信が輻輳し、つながりづらくなった場合、ネットワーク仮想化基盤にて自動的に仮想リソースを追加で組み込むことで、ネットワークノードとしての処理容量を増加させることが可能となります。これにより、通信混雑時におけるつながりやすさが向上します。
- ②ネットワークノードでは、ハードウェアにおいて稼働／予備の二重化構成をとることで、ハードウェア故障が発生しても、お客様へのサービスが中断してしまうことを防いでいます。しかしながら、二重化構成であっても、いったんハードウェアに故障が発生してしまうと、そのハードウェアを修理・回復させるまでの間は、実質単一構成となっています。仮想化技術を適用することで、故障したハードウェアの代わりに、ネットワーク仮想化基盤から新たに仮想リソースを自動的に割り当てることで、常に二重化構成を継続することができます。これにより、

ハードウェア故障に対する通信サービスの信頼性が向上します。

- ③新しいネットワークノード／サービスを実現するために、すでに用意されたネットワーク仮想化基盤上で、必要な新しいソフトウェアを一括で展開し動作させることができます。これにより、これまでのような専用ハードウェアの増設工事を行わずに機能実現することが可能となり、新たなサービスの早期提供が可能となります。
- ④仮想化ネットワーク基盤として、汎用ハードウェアを複数のネットワークノードで共有し利用率を上げることで、ハードウェアの設備数を減らし、ネットワーク設備を経済的に構築することができます。

さらに、これらのメリットを最大化するためには、ハードウェアおよびソフトウェアが、複数のベンダ装置での組合せ環境においても動作することが必要となります。したがって、この取組みが成功するためには、多くのベンダとの連携が重要となります。

2014年10月に、「世界主要ベンダー6社と「ネットワーク仮想化技術」の実用化に向けた実証実験に成功」[1]と題した報道発表を実施いたしました。これは、仮想化技術が複数のベンダ装置を用いて実現できることを示しただけではなく、複数のベンダ間で連携した体制を構築可能であることを証明しました。また、この実証実験を通じて、マルチベンダ環境をうまく構築・運用するには、統一された機能間インタフェースの標準化規定が必須であることを改めて確認しました。現在、ドコモでは、主要ベンダと連携し、標準策定に向けて積極的に寄書を提案しています。

あわせて、仮想化技術を適用した最初のネットワークノードとして、2015年度内に仮想化EPC（vEPC：virtualized Evolved Packet Core）の商用化を目指しています。なぜならば、お客様増加に伴いネットワークの拡大が続いているLTEサービスにおいてコアネットワークの機能的な中心であり処理量も大きいEPCに仮想化技術を適用することにより、仮想化技術適用のメリットを最大限に発揮できるからです。さらに次のステップとして、現在のモバイルネットワークを構成しているEPC以外のネットワークノードについても、仮想化技術の適用を検討、拡大していきます。

本稿で述べてきたように、ネットワークノードへの仮想化技術適用は、標準化活動においても現在進行形で議論されておりますが、ドコモの「使命」を担うコアネットワークをさらに安定化、経済化、および魅力的にする取組みであると確信しています。コアネットワーク開発においては、今後も、新しい技術を積極的に取り入れ、ドコモをご利用いただくお客様へ快適なコミュニケーション環境を提供していきます。

文 献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：「世界主要ベンダー6社と「ネットワーク仮想化技術」の実用化に向けた実証実験に成功—異なるベンダーの技術を組み合わせることで実用化に大きく前進—」
Oct. 2014.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2014/10/14_00.html

Contents

DOCOMO Today



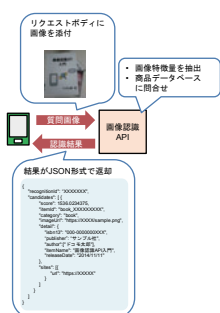
ネットワークノードへの仮想化技術適用の取組み 杉山 一雄…………… 1

特別寄稿



たゆまぬ無線技術の発展と将来展望 安達 文幸…………… 4

Technology Reports



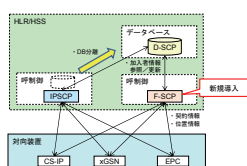
(P.14)

デバイスコネクトWebAPI
—多種多様なスマートフォン連携デバイスのためのWebインタフェース— …… 8

IoT WebAPI 標準化

高速大規模画像認識エンジンの開発とAPIの提供…………… 14

画像認識 特定物体認識 Open API



(P.33)

oneM2Mサービスミドル機能と3GPP-MTC伝送網との
インターワーキング技術…………… 21

oneM2M 3GPP-MTC インターワーク

信頼性の高いサービス提供に向けたサービス制御装置「F-SCP」の開発 …… 33

F-SCP D-SCP ラウンドロビン選択

Topics

法人システム構築受託における上流工程の品質強化 39

法人営業 受託プロジェクト 品質管理

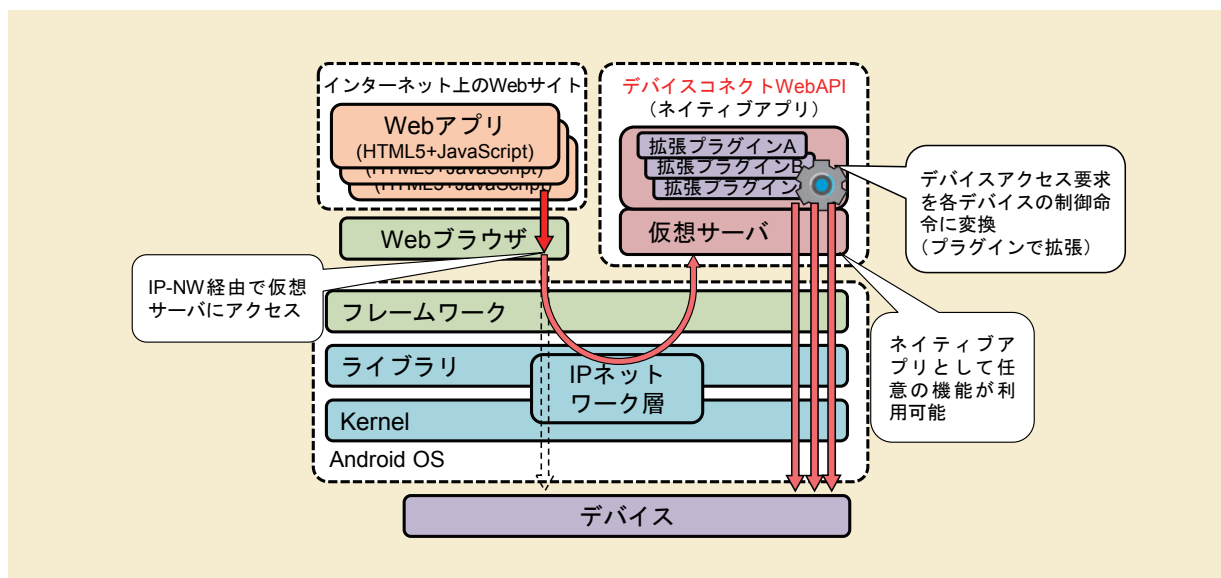
News



(P.45)

安達 文幸 元NTTドコモ 研究グループリーダー 2014年度「C&C賞」を受賞 45

国際会議IEEE Globecom 2014「Best Paper Award」受賞 46



Technology Reports デバイスコネクトWebAPI 一多種多様なスマートフォン連携デバイスのためのWebインターフェースー (P.8)

デバイスコネクトWebAPIからのデバイス利用 (Android OSの例)

たゆまぬ無線技術の発展と将来展望

東北大学 大学院工学研究科 教授

あだち ふみゆき
安達 文幸さん

1. まえがき

無線ネットワークでは、限られた無線帯域幅を有効利用するために、同一周波数を地理的に離れた場所でも再利用している。これにより、同一周波数干渉問題が発生する。干渉を抑圧して周波数利用効率を飛躍的に向上させることは、私たち無線研究技術者にとって終わることのない技術課題である。最近はこちらに加え、エネルギー問題が加わった。増え続ける基地局や通信速度の高速化はエネルギー消費の増大につながるからである。本稿では、第1世代から第4世代ネットワークに至る30年以上にわたる無線技術の発展を振り返り、次世代の実現に向けた先進的無線技術について展望する。

2. 10年ごとの世代交代

移動通信はその誕生（1979年）からほぼ10年ごとの世代交代を経て進化してきた（図1）。第1～2

世代ではカバレッジが大事であった。つまり、電波の届かないエリアの解消である。第2世代と第3世代の間には大きな飛躍があった。第1～2世代では音声会話を中心であったが、第3世代では高速データ通信（2Mbps）を目指すことに舵が切られたのである。第3世代そして3.9世代と言われるLTE（Long-Term Evolution）では、動画通信などがポピュラーになった。LTE-A（LTE Advanced）と呼ばれる第4世代では、より高精細な動画通信や1Gbpsに近いデータ通信が登場してくるだろう。さらに次の第5世代になると、1Gbpsを超える超高速データ通信も当たり前になってくるだろうから、ネットワーク全体のエネルギー利用効率の向上も重要になる。そこで第5世代ネットワークでさらに重要になるのは、カバレッジを確保しつつ周波数利用効率とエネルギー利用効率の同時向上を図ることができる無線資源管理であろう（図2）。

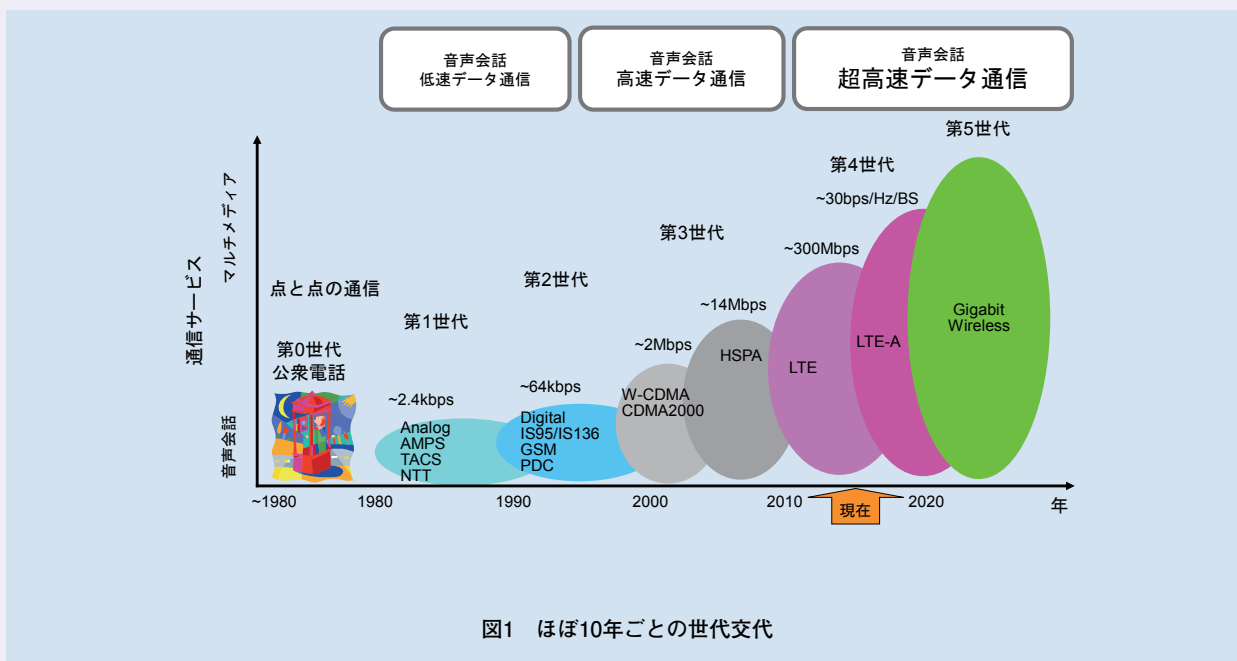


図1 ほぼ10年ごとの世代交代

Profile

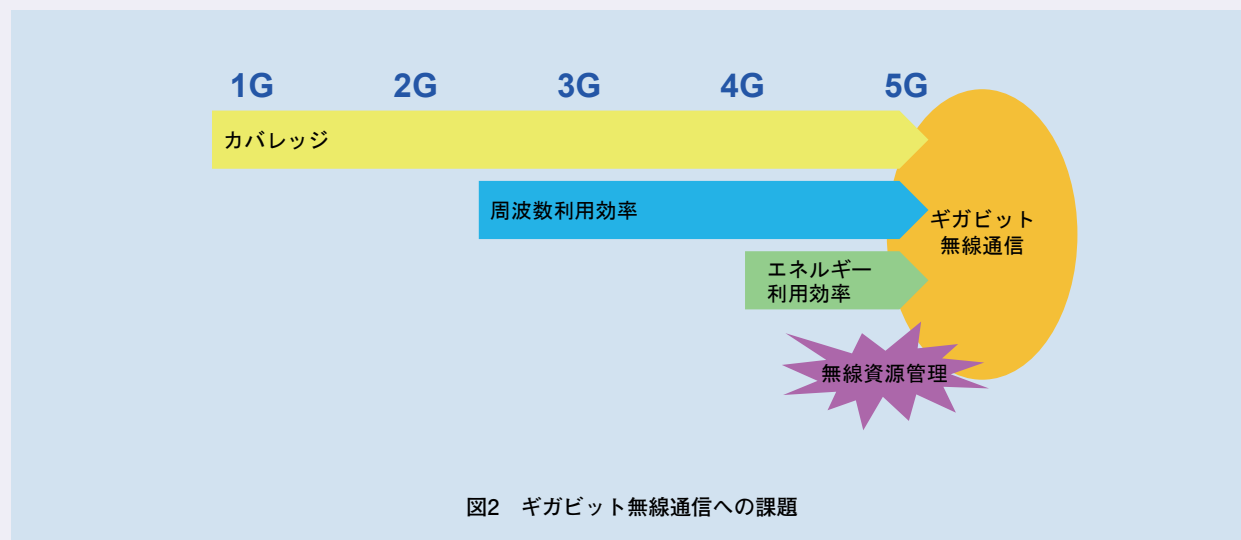
1973年3月東北大学工学部電気工学科卒。同年4月電電公社電気通信研究所入所。1992年7月NTT移動通信網（現NTTドコモ）に転籍。移動通信方式およびデジタル移動無線通信技術の研究開発に従事し、W-CDMA基本技術を開発。2000年1月より東北大学大学院工学研究科教授。次世代超高速移動無線信号伝送に関する研究と通信システムに関する教育に従事。信学会副会長（2013年5月～2015年5月）。信学会およびIEEEフェロー。

3. セルラ概念とマルチアクセス・スケジューリング

限られた無線帯域幅のもとで多数のユーザに無線通信サービスを提供するために誕生したのが、広いサービスエリアを多数の無線セルで覆い、お互いが遠く離れ、与干渉が弱い基地局で同じ無線帯域を再利用する、セルラ概念である[1] [2]。第3世代までは半径がkmオーダーの無線セルが使われてきた。このため、各セル内に存在するユーザ数はかなり多い。基地局に割り当てられた無線帯域を多数のユーザが共有して通信するための技術がマルチアクセスである。第1世代では周波数分割マルチアクセス（FDMA：Frequency Division Multiple Access）*1が、第2世代では時分割マルチアクセス（TDMA：Time Division Multiple Access）*2が、第3世代では符号分割マルチアクセス（CDMA：Code Division Multiple Access）*3が使われてきた。広帯域CDMA（W-CDMA：Wide-band Code Division Multiple Access）*4では、全ての無線セルでの同一帯域（5MHz）の再利用と多様な通信レートでの高品質通信を可能としている[3]。



これらのマルチアクセスでは、割り当てられたチャネルは通信開始から終了まで1人のユーザに占有される。ところで、ユーザは通信中であっても移動しているから通信品質は時々刻々変動する。このこと



を積極的に利用して、チャネル状態の良い無線資源（周波数と時間の2次元リソースブロック*5）を適応的に割り当てつつ、多数のユーザに通信の機会を与えるスケジューリングが第3.9世代のLTEで登場した。干渉を避けつつ通信機会の公平性をできるだけ保つよう設計されたスケジューリングは新しいタイプのマルチアクセスである。1つのチャネルを占有する静的マルチアクセスに比べて通信品質を向上できるし、より多くのユーザに通信機会を与えることができる。

4. 空間次元のより高度な利用への道

移動通信では第3世代以降、毎年2倍近くの勢いでデータトラフィックが増加していると言われている。10年後には1,000倍ものトラフィック量になると予想されることから、第5世代では周波数利用率の一層の向上が求められている。有望な対策は、無線セルをさらに縮小する小セル化である。小セル化により、同一周波数をより近くで再利用でき周波数利用率を向上できる。スケジューリングの対象

とする無線セル内ユーザの数をもっと絞り込むことができ、複雑なスケジューリングを回避できる。究極はセル内のユーザを1人とするくらいの小セル化であろう。しかし、ユーザの移動により頻繁に発生するハンドオーバー*6に対する対策が必要になる。また、膨大な数の小セル基地局が必要になることから基地局の飛躍的な低消費電力化が求められる。

小セル化へのアプローチとして超多数アンテナ（Massive MIMO：Massive Multiple Input Multiple Output）の利用が検討されている[4]。超多数アンテナでは極細ビームにより、従来のマクロセル内に多数の仮想小セルを形成する。もう1つは分散アンテナ（Distributed MIMO）の利用であり（図3）、多数のアンテナを従来のマクロセル内に分散配置させて小セルを形成する。端末近傍のいくつかのアンテナを選択することで、シャドウイング損失*7や伝搬損失の影響を低減できる。また、上りリンクを考えた場合、短距離通信になるので送信電力を低減でき、バッテリー駆動の端末にとっては朗報になる。さらに、セル内ユーザ数は数人程度であろうから1ユーザあたりの通信帯域幅を広くできることと、広

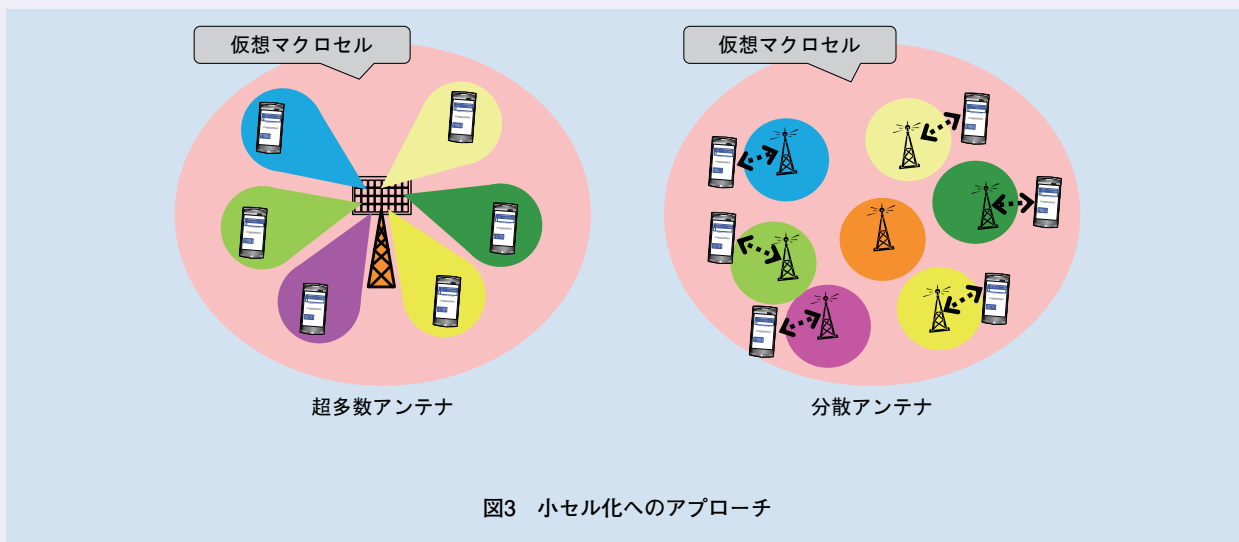


図3 小セル化へのアプローチ

い帯域幅が利用できるミリ波帯が使えることから、データ通信速度の飛躍的な増大が狙える。

小セル化におけるハンドオーバー問題を避けるためには、データ通信リンクと制御リンクを分離し、小セルが高速データ通信を提供し、従来のマクロ基地局が通信制御を行うファントムセル[®]*8 [4]が有望であろう。一方、図4に示すような分散アンテナネットワーク[5]では、信号処理機能や無線資源管理機能を1カ所（従来のマクロセル基地局）に集中させ、分散アンテナと光リンクで結ぶ。スケジューリングを仮想マクロセル基地局で集中して行うことで、ハンドオーバー問題をアンテナ選択問題に置き換えることができる。しかし、端末数が膨大になれば、集中型スケジューリングでは対応できなくなるおそれがある。このような場合、ゲーム理論などをベースにした分散型無線資源管理の導入が考えられるだろう。

5. あとがき

無線技術の目標は、無線帯域幅と送信電力の制約のもとで、ある程度の同一周波数干渉を許容して、できるだけ高速のデータ通信を実現することであり、今後ともたゆまぬ挑戦が続く。第5世代ネットワークの実現の鍵は空間次元の高度利用と、膨大な数の端末を相手にした効率的な無線資源管理であろう。

文 献

- [1] K. Araki: “Fundamental problems of nationwide mobile radio-telephone system,” NTT Rev. Elec. Comm. Lab., Vol.16, pp.357-373, May/Jun. 1968.
- [2] R. H. Frenkiel: “A high-capacity mobile radiotelephone system model using a coordinated small-zone approach,” IEEE Trans. Veh. Tech., Vol.19, No.2, pp.173-177, May 1970.
- [3] F. Adachi, M. Sawahashi and H. Suda: “Wideband DS-CDMA for next generation mobile communications systems,” IEEE Commun. Mag., Vol.36, No.9, pp.56-69, Sep. 1998.

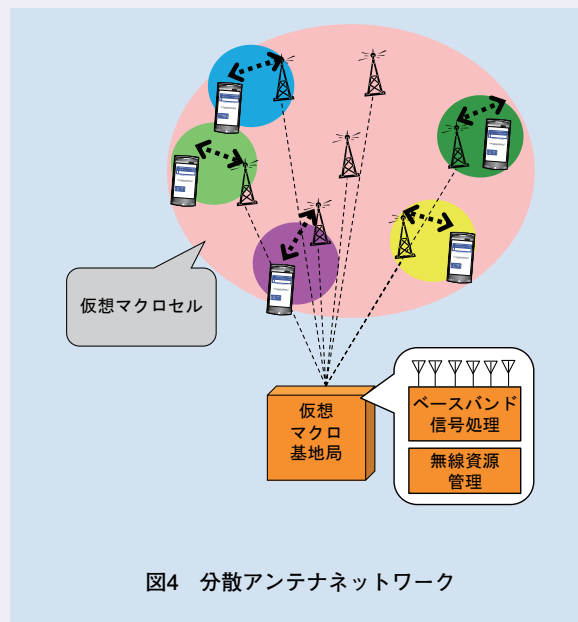


図4 分散アンテナネットワーク

- [4] NTTドコモ：“ドコモ5Gホワイトペーパー：2020年以降の5G無線アクセスにおける要求条件と技術コンセプト,” Sep. 2014.
- [5] F. Adachi, W. Peng, T. Obara, T. Yamamoto, R. Matsukawa and M. Nakada: “Distributed antenna network for gigabit wireless access,” International Journal of Electronics and Communications (AEUE), Vol.66, Issue 6, pp.605-612, 2012.

- *1 周波数分割マルチアクセス (FDMA)：無線帯域を複数の帯域（チャンネル）に分割し、各通信ユーザに異なるチャンネルを与えて、通信ユーザの多重アクセスを行う方式。
- *2 時分割マルチアクセス (TDMA)：1つの無線キャリアを一定の時間周期で複数のタイムスロットと呼ばれる単位（チャンネル）に分割し、各通信ユーザに異なるチャンネルを与えて、通信ユーザの多重アクセスを行う方式。
- *3 符号分割マルチアクセス (CDMA)：各通信ユーザに異なる拡散符号を与えて、拡散符号で通信ユーザの多重アクセスを行う方式。
- *4 広帯域CDMA (W-CDMA)：3GPPで規定されている第3世代の移動通信方式。
- *5 リソースブロック：無線リソースを割り当てるスケジューリングを行う際の時間・周波数の最小割当て単位。
- *6 ハンドオーバー：移動端末が接続する基地局を切り替えること。
- *7 シャドウイング損失：移動通信端末が建物の影などに入ることによって受信電力が低下する現象をシャドウイングと呼び、受信電力の低下量のことを損失と呼ぶ。
- *8 ファントムセル[®]：NTTドコモの登録商標。

デバイスコネクトWebAPI

—多種多様なスマートフォン連携デバイスのためのWebインタフェース—

近年、スマートフォンと連携する多種多様な機器が登場している。しかし、製品ごとに開発環境が異なり、OS環境や個別の機器ごとのコンテンツ開発が課題となっている。また、Bluetooth[®]*1などの通信プロトコルに依存する機器の仕様により、Webサービスと親和性が低い側面もある。そこで、スマートフォン上で動作する汎用性・拡張性の高いWebインタフェース技術を開発した。本稿ではその開発技術と標準化動向について解説する。

サービスイノベーション部 やまぞえ たかふみ はぎの ひろあき
山添 隆文 萩野 浩明

1. まえがき

近年、リストバンドやカメラなど、スマートフォンに接続し、情報の取得や制御ができる多種多様なデバイスが登場している。

しかし、現状ではそれらのデバイスを利用するサービスを開発するためには、メーカーごとの独自仕様に対応する必要がある。ウェアラブルデバイス・ヘルスケアデバイスなどの規格化も進んでいるが、範囲が限定的であり、規格間の互換性がない場合が多い。そのため、さまざまなデバイスを利用したサービスを開発するためには、個々のデバイスもしくは規格に特化した実装が必要となる。

また、環境に依存しないコンテンツの実現方法として、Webアプリ

(Webブラウザ上でアプリケーションとして動作するWebコンテンツ)がある。Webアプリからのデバイスの利用については、W3C (World Wide Web Consortium)*2におけるHTML5*3標準化の一環としてAPI (Application Programming Interface)*4の整備が図られている。しかし、コモディティ化された機能やデバイスであることが前提となるため、一般的・汎用的である反面、各デバイスが提供する差別化された特徴的な機能を利用できない。Webアプリをネイティブアプリとして動作させるハイブリッドアプリにおいても、既存フレームワークのデバイス対応状況に依存するといった制約がある。また、ハイブリッドアプリにおいても、ユーザが1つの端末に各種デバイスを利用する複数のアプリ

をインストールした場合、それぞれのアプリにデバイスアクセスのための機能が個別に組み込まれている必要があるという、ネイティブアプリとしての課題は解決されない。

そこで、ドコモはWeb標準の技術とスマートフォンの一般的な機能を組み合わせ、ネイティブアプリ、Webアプリといったコンテンツやサービスなどの区別なく、WebAPIにアクセスすることで任意のデバイスを利用できる仕組みとして、「デバイスコネクトWebAPI」を開発した。本稿では、その特徴と取組みについて解説する。

2. 特徴と仕組み

デバイスコネクトWebAPIの主な特徴は、デバイスアクセス手段の共通化、機能によるデバイスの抽象化、

高い汎用性と拡張性の3つである。

2.1 デバイスアクセス手段の共通化

通常のネイティブアプリ（スマートフォン上で動作し、各OSが提供するアプリストアからダウンロードして利用するアプリケーション）は、**図1**のようにOSが提供する手段を用いてデバイスにアクセスする。そのため、任意の機能が実現できる一方で、OSごと、デバイスごとの開発が個別のアプリ単位で必要となる。また、Webアプリからデバイスへのアクセスは、**図2**のように、Webブラウザが提供する機能に依存する。現状、デバイスにアクセスするAPIに関して、基本的なデバイスについてはW3Cでの標準化が実施されているものの、スマートフォン上のWebブラウザへの実装は一部の機能に留まっている。これに対して、デバイスコネクトWebAPIは、スマートフォン上で仮想サーバとして動作し、Webブラウザからでも自由にアクセスできるWebAPIをデバイスアクセス手段として提供することで、Webアプリからのデバイスの利用を実現する。具体的には、**図3**に示すように、以下の手順でデバイスアクセスを可能とする。

- ①Webアプリから仮想サーバに対して、スマートフォン内部のIPネットワーク経由で、仮想サーバのWebAPIへのデバイスアクセス要求を送信する。
- ②仮想サーバは、受け取ったデバ

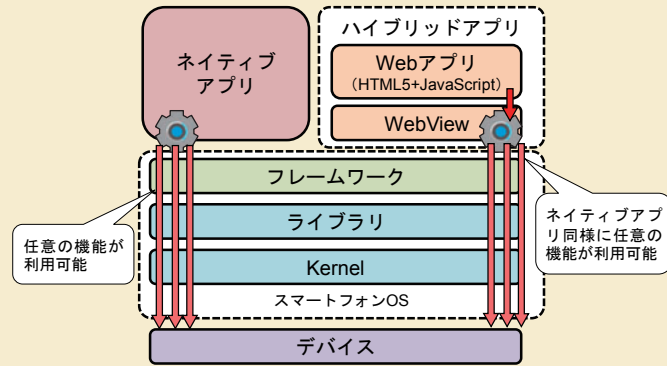


図1 ネイティブ/ハイブリッドアプリからのデバイス利用

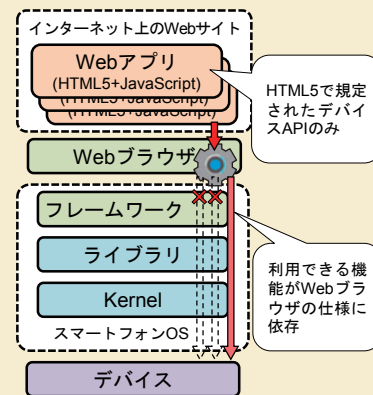


図2 一般的なWebアプリ（Webブラウザ）からのデバイス利用

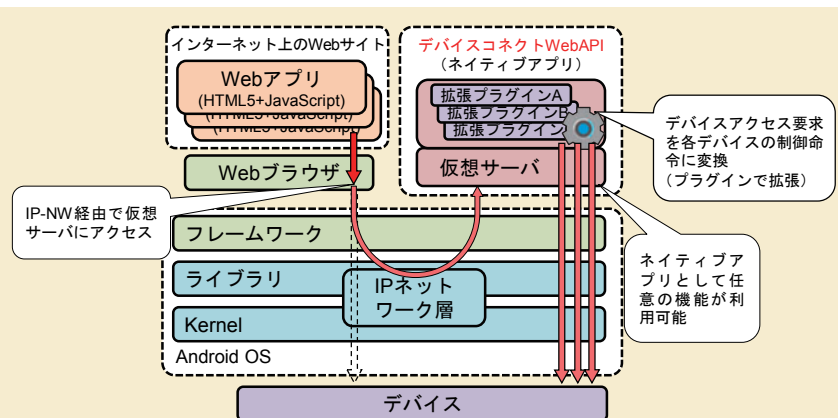


図3 デバイスコネクトWebAPIからのデバイス利用（Android OSの例）

イスアクセス要求をOSおよび各デバイスの制御命令に変換する。

一般的にWebAPIはIPネットワーク経由で利用するため、デバイスコネクトWebAPIはネイティブアプリ、Webアプリのどちらからでもアクセス可能である。またOS・実行環境、接続するデバイスごとの開発環境などに依存しない、汎用的なWebアプリ、ネイティブアプリの実装が可能となる。

2.2 機能によるデバイスの抽象化

デバイスコネクトWebAPIは、現状ではメーカー各社が独自に機能を

規定している個々のデバイスを、それらのデバイスが提供する機能群によって抽象化する。例えば、ライトを点灯する機能を保有するデバイスであれば、電灯であってもカメラであっても玩具であっても、“ライトを点灯する”という共通のコード記述で同様の動作を実行することができる。図4に目的が異なるデバイスをWebブラウザから同様に制御する動作例を示す。

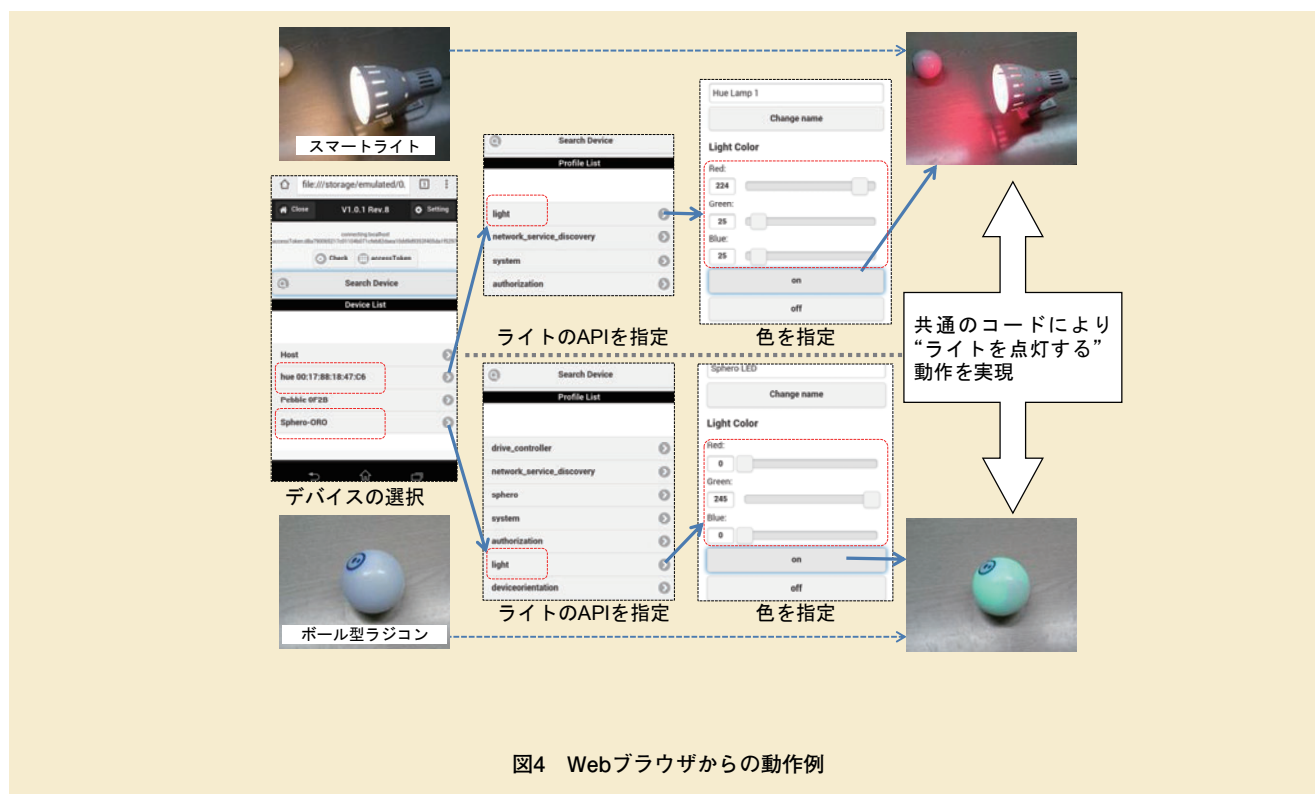
2.3 高い汎用性と拡張性

デバイスコネクトWebAPIは、図5に示すように、仮想サーバとして動作する本体部分と、デバイスへの接続や制御を実現するプラグインから構成される。

2.1節で述べたように、本体部分はIPネットワーク経由でのAPI要求をプラグインに対して中継する。そのため、本体部分ではシステム管理以外に機能の実体を持たず、個別のAPI規定も持たない。

一方でプラグインは、デバイスにアクセスするための機能実体を持ち、デバイスの各種機能を利用するためのAPI規定を提供する。

また、本体部分に機能実体およびAPI規定を持たせないことで、新しいデバイスを追加したい場合は新しいプラグインを追加することで対応できる。開発者の利便性を考慮し、一般的・汎用的な機能についてはAPI仕様をあらかじめ定義しているが、各デバイス固有の特殊な機能で



あっても、プラグインで別途APIを規定することで利用可能なAPIを追加できる。以上により、デバイスコネクトWebAPIは高い汎用性と拡張性を実現している。

3. セキュリティ対策

デバイスコネクトWebAPIは、スマートフォンOSやWebブラウザからのさまざまなデバイス機能へのアクセスといった機能拡張を図ることができるため、セキュリティの担保が課題となる(図6)。

そこで、悪意あるアプリや盗聴・改ざん、仮想サーバへのなりすましなどに向け、さまざまな対策を実施している。

3.1 サービスが利用する機能に対する利用者の許諾

スマートフォンOSでは、ユーザが

ネイティブアプリをインストールする際、そのアプリが利用する機能の確認画面をユーザに提示し許諾を得ることで、悪意のあるアプリがユーザの意図しない振る舞いをするのを防止している。しかしデバイスコネクトWebAPIを利用するアプリの場合、デバイスコネクトWebAPIとは独立した形でインストールされたうえでIPネットワーク経由で機能が利用されるため、すでに機能利用が許諾されているデバイスコネクトWebAPIについては確認画面を提示することができない。

そこで、デバイスコネクトWebAPIでは、意図しない機能アクセスを防止する仕組みとして、インターネットで広く普及しているセキュリティモデルであるOAuth認証^{*5}の機能を仮想サーバに持たせている。サービスから仮想サーバへの初回アクセス

時に、サービスが利用する機能リストについてユーザの許諾を確認することで、従来のアプリと同様にユーザが意図しない機能アクセスを防止する。

3.2 通信の盗聴・改ざん

アプリと仮想サーバ間はIPネットワークによる通信であるため、盗聴・改ざんの危険性がある。SSL(Secure Sockets Layer)^{*6}などの暗号化通信が行えることが理想だが、スマートフォンにインストールして使用する仮想サーバであるため、暗号化通信の鍵情報はリバースエンジニアリング^{*7}に対処できず、また、動的に生成された鍵情報ではWebブラウザから利用することができない。そこで、スマートフォンのセキュリティモデルとしてHTTP^{*8}通信の秘匿性を検証し、端末内部のHTTP通

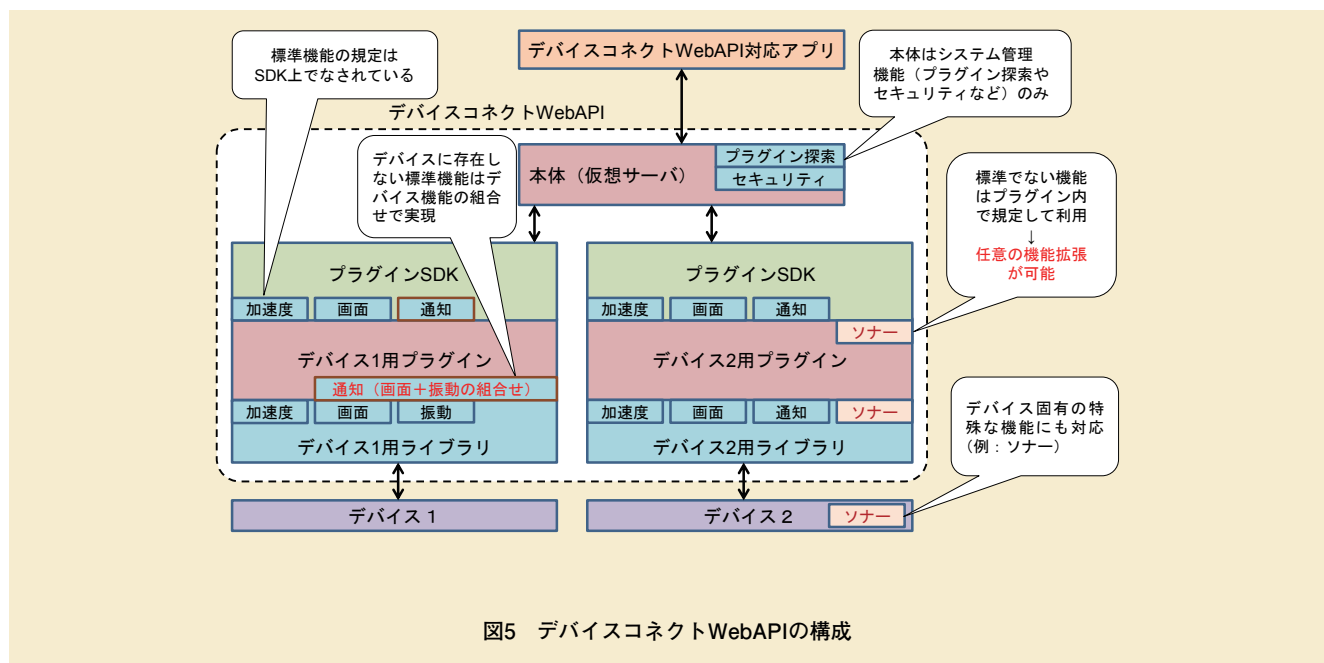


図5 デバイスコネクトWebAPIの構成

*5 OAuth認証：Webサービスなどで用いられる、セキュアなAPI認可の標準的手段。

*6 SSL：暗号化通信を行うためのプロトコル。

*7 リバースエンジニアリング：ソフトウェアやハードウェアの構成や動作を解析し、製造方法や動作原理などを明らかにすること。

*8 HTTP：WebブラウザとWebサーバの間でHTMLなどのコンテンツの送受信に用いられる通信プロトコル。

信では、root権限がない限り各種の通信情報を取得できないことを確認している。

別途通信を秘匿する仕組みが必要となる端末外部との通信はプラグインとして解決する設計となっているため、デバイスコネクトWebAPIの対象外となる。なお、プラグインは一般的なネイティブアプリとして動作するため、Webブラウザでは利用できない動的に生成された鍵情報が利用でき、端末外部との暗号化通信を行うことができる。また、仮想サーバ本体部分とプラグイン間の情報についてはスマートフォンOSの各種セキュリティモデルにより、安全性が担保されている。

3.3 仮想サーバへのなりすまし

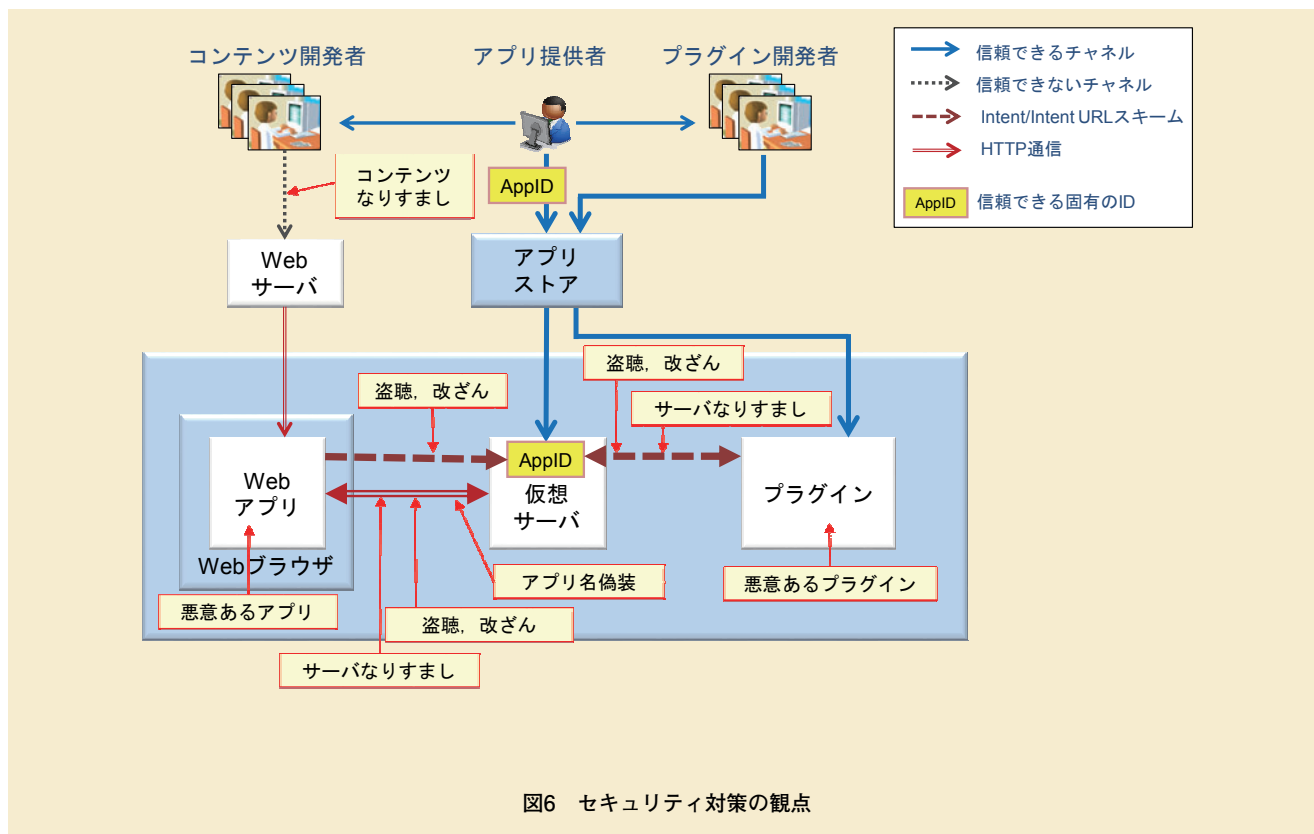
仮想サーバは通常のネイティブアプリケーションとして実装されているため、仮想サーバを終了させて自身が仮想サーバになりすまそうとする他のアプリケーションへの対処が必要となる。

そこで、仮想サーバの状態を監視するだけでなく、Web層からの仮想サーバの明示的な起動と、処理途中からのなりすましを防止する仕組みとして、Intent^{*9}URLスキームを利用する。これはAndroid™^{*10}の標準Webブラウザに導入されているパッケージ名^{*11}を指定してネイティブアプリを起動できる仕組みであり、Web層からネイティブアプリ層への

明示的な情報伝達が行える。ただし、逆にネイティブアプリ層からWeb層への情報伝達は行えない。初回時のみネイティブアプリ層のパラメータとして、なりすましではないことを証明する情報を送り、次回以降のやり取りでは本物であることを検証するための情報をWeb層のみで授受することで、なりすましの検知を実現する。

3.4 悪意あるプラグイン

プラグインは機能の実体を持ち、通常のネイティブアプリと同様の位置付けとなる。そのため、スマートフォンのセキュリティモデルにより、プラグインのインストール時もしくは



***9 Intent** : Android OSが提供するプログラム間のパラメータ交換手段。アプリケーション内のコンポーネント間でのやり取りや、アプリケーションをまたがるやり取りに利用される。

*10 **Android™**：スマートフォンやタブレット向けのオペレーティングシステム，ミドルウェア，主要なアプリケーションからなる

ソフトウェアプラットフォーム. 米国
Google, Inc.の商標または登録商標.

***11 パッケージ名:** アプリケーションを識別する情報。スマートフォンのアプリストアにより単一性が担保されている。

は設定画面にて、悪意あるアプリからの意図しない機能の利用について確認が可能である。

4. デバイスコネクト WebAPIの展開に向けた取組み

すでにデバイスコネクトWebAPIは、仮想サーバの実装などアーキテクチャ全体をGitHub^{*12}上でオープンソースソフトウェアとしてソースコードを公開している[1]。また、REST (REpresentational State Transfer) API^{*13}としてのWebインタフェース仕様だけでなく、Android, iOS^{*14}, JavaScript^{*15}のそれぞれの環境でコンテンツ開発を容易にするSDK (Software Development Kit)^{*16}や、プラグイン開発のためのAndroid, iOS用SDKを提供している。

2章で述べたように、デバイスコネクトWebAPIの特徴は、Webインタフェースによる汎用性やプラグインによる拡張性など、アーキテクチャに基づく要素が多い。これまで

もデバイスアクセスの標準化がさまざまな目的で実施されているが、プロトコルスタックとして垂直統合での閉じたモデルの構築や、逆に部分的な通信プロトコルに限られた規定となっており、アーキテクチャの汎用性・拡張性に重点が置かれることは少なかった。例えば近距離通信プロトコルの規定では、複数の団体がそれぞれの仕様を規定することで排他的な囲い込みの手段となり、結果的にデバイス間の互換性が失われ、ユーザの利便性が損なわれる状況となっている。

一方、デバイスコネクトWebAPIはプロトコルスタックの規定による囲い込みではなく、あえて機能を抽象化したWebインタフェースによる他の規格の取込みに重点を置いたアーキテクチャを規定している。そのため、さまざまな規格が乱立する状況であっても、それらを統合するためのインタフェースとして利用できる。ドコモはこれまでに、デバイスコネクトWebAPIの仕様をOMA (Open

Mobile Alliance)^{*17}のGotAPI^{*18} (Generic open terminal API) 仕様に寄書しており、2015年3月に標準規格としてリリースされている。

5. あとがき

スマートフォンと連携する多種多様なデバイスの、任意の機能をコンテンツ上から利用するアーキテクチャとしてデバイスコネクトWebAPIを開発した。開発技術はGitHub上でMITライセンス^{*19}のオープンソースソフトウェアとして公開し、OMAにてGotAPIとして標準化を行っている。技術の詳細を公開することで用途の拡大やセキュリティの向上につなげ、各種コンテンツでの利用や対応機器の拡大を推進していく。

文 献

- [1] GitHub: “Device Connect.”
<https://github.com/DeviceConnect>

*12 GitHub: ソフトウェア開発プロジェクトのための共有ウェブサービス。

*13 REST API: ウェブで用いられるソフトウェアアーキテクチャのスタイルの1つ。

*14 iOS: 米国およびその他の国におけるCisco社の商標または登録商標。

*15 JavaScript: Webブラウザなどでの利用に適したスクリプト言語。JavaScriptは、

Oracle Corp.およびその子会社、関連会社の米国およびその他の国における登録商標または商標。

*16 SDK: ソフトウェアを開発するためのツールもしくはツール群。

*17 OMA: モバイル関連のアプリケーションの標準化を進める団体。

*18 GotAPI: デバイスコネクトWebAPIの実装検討に基づいてOMAで規定されたスマートフォン用の汎用Webインタフェース。

*19 MITライセンス: 無保証だが、ライセンス表記のみで無償・無制限で利用できるソフトウェアライセンス。

高速大規模画像認識エンジンの開発とAPIの提供

写真のあらゆる被写体（モノ）を認識可能な世界を目指し、写ったモノが何か、500万枚以上の画像が登録されている大規模なデータベースから瞬時に一致する画像を探索し、モノを特定する画像認識システムを開発した。リアルタイムな画像認識を実現することで、文字入力・音声入力に続く新しい入力インターフェースを実現する。本稿ではドコモが開発した高速かつ認識対象が大規模な画像認識エンジンと、本画像認識エンジンをベースとして2014年10月にサービス提供を開始した画像認識APIのサービス概要について解説する。

サービスノバージョン部

あかつか はやと いのまた てっぺい
赤塚 隼 猪俣 哲平
さかい としき
酒井 俊樹

1. まえがき

画像認識とは、画像データの内容を分析することで画像に何が写っているかを識別する技術全般を指す。

画像認識の歴史において技術開発でまず先行したのは文字認識技術であり、商工業分野における業務効率化に役立てられた。日本では郵便番号制度が発足した1968年にあわせて、株式会社東芝が開発した世界初の手書き文字を認識する郵便物自動処理装置[1]が実用化され、これまでの手作業による郵便番号別の区分が機械化された。近年ではコンピューティングパワーの増大、カメラの小型化・低価格化、画像認識アルゴリズムの発展により、一般消費者も画像認識技術の恩恵を体感できるようになってきている。たとえば交通事

故を起こさない車社会の実現に向けてトヨタ自動車株式会社が提供するナイトビューシステム[2]では、画像処理を用いてリアルタイムに歩行者を検出し、ドライバーに歩行者の存在を伝えることで、夜間運転時の安全性を改善した。ゲーム業界では2010年にMicrosoftがXbox360®*1向けに、物理的なコントローラを用いずジェスチャーによって直観的かつ自然にゲームプレイが可能なゲームシステムのKinect™*2 [3]を開発した。Eコマース（電子商取引分野）では、2014年にAmazon.comが物体認識を応用し映像からリアルタイムに商品を識別し、同社のオンラインショッピングサイトへユーザを誘導するAmazon Firefly*3 [4]を開発した。前記はごく一部の事例ではあるが、これらのように画像認識は登場から半

世紀で我々の生活に浸透している。そして今後、スマートフォンや眼鏡型ウェアラブルデバイスなど携帯無線通信環境下のモバイル機器においても、さまざまなモノを映像や写真を通して瞬時に認識するニーズはより一層高まると考えられる。

これに向け、ドコモでは独自の画像認識技術の開発・強化に努めている。すでに文字認識においては、カメラをかざすだけで日本語に海外の言語を翻訳する、うつして翻訳™*4を提供しているが、文字以外のさらに複雑な物体の認識が可能な画像認識エンジンの開発も行っている。複雑な対象をとらえる画像認識では、事前に認識させたいモノの画像を登録しておく必要があり、市販の商品をリアルタイムに認識させるには数百万オーダーの大規模なモノの画像

©2015 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

*1 Xbox360®：米国Microsoft Corp. および／またはその関連会社の商標。

*2 Kinect™：米国Microsoft Corp. の米国およびその他の国における登録商標または商標。

*3 Amazon Firefly：アマゾンの米国およびそ

の他の国における商標。

*4 うつして翻訳™：NTTドコモの商標。

のデータベースから瞬時に高精度で、類似度の高い画像を識別することが課題であった。これは認識対象物の数が増えることで、類似画像の照合時間がかかることと、似たような画像特徴を持ったアイテムが増えるため精度が低下するからである。ドコモでは画像認識アルゴリズムを改善することで上記課題を解決し、数百万オーダーの大規模なデータベースから1秒以内に類似画像を高い精度で識別する技術を開発した。

本稿では、ドコモが開発した、写真の被写体（モノ）を特定する画像認識技術（特定物体認識技術）につ

いて解説し、現状の画像認識の精度と処理速度について紹介する。また、開発者への支援を行いオープンイノベーションを創出することを目的としたdocomo Developer support [5]で、2014年10月にサービス提供を開始した画像認識API（Application Programming Interface）のサービス概要について解説する。

2. 画像認識概要

2.1 画像認識アルゴリズム

ドコモが開発した画像認識エンジンの画像認識アルゴリズム（以下、本アルゴリズムと呼ぶ）における認

識処理は、平面のモノの認識が主である。画像に写っているモノが何であるか（例えば書籍が写っていれば、何というタイトルの本か）を特定する。処理は大まかに3段階のフェーズに分かれる（図1）。

①キーポイントの検出

ユーザから入力された画像（質問画像）から、モノの特徴を現す点（キーポイント）をリアルタイムに検出する。データベースにあらかじめ登録されているモノの画像（参照画像）についても同様にキーポイントをオフラインで事前に検出してお

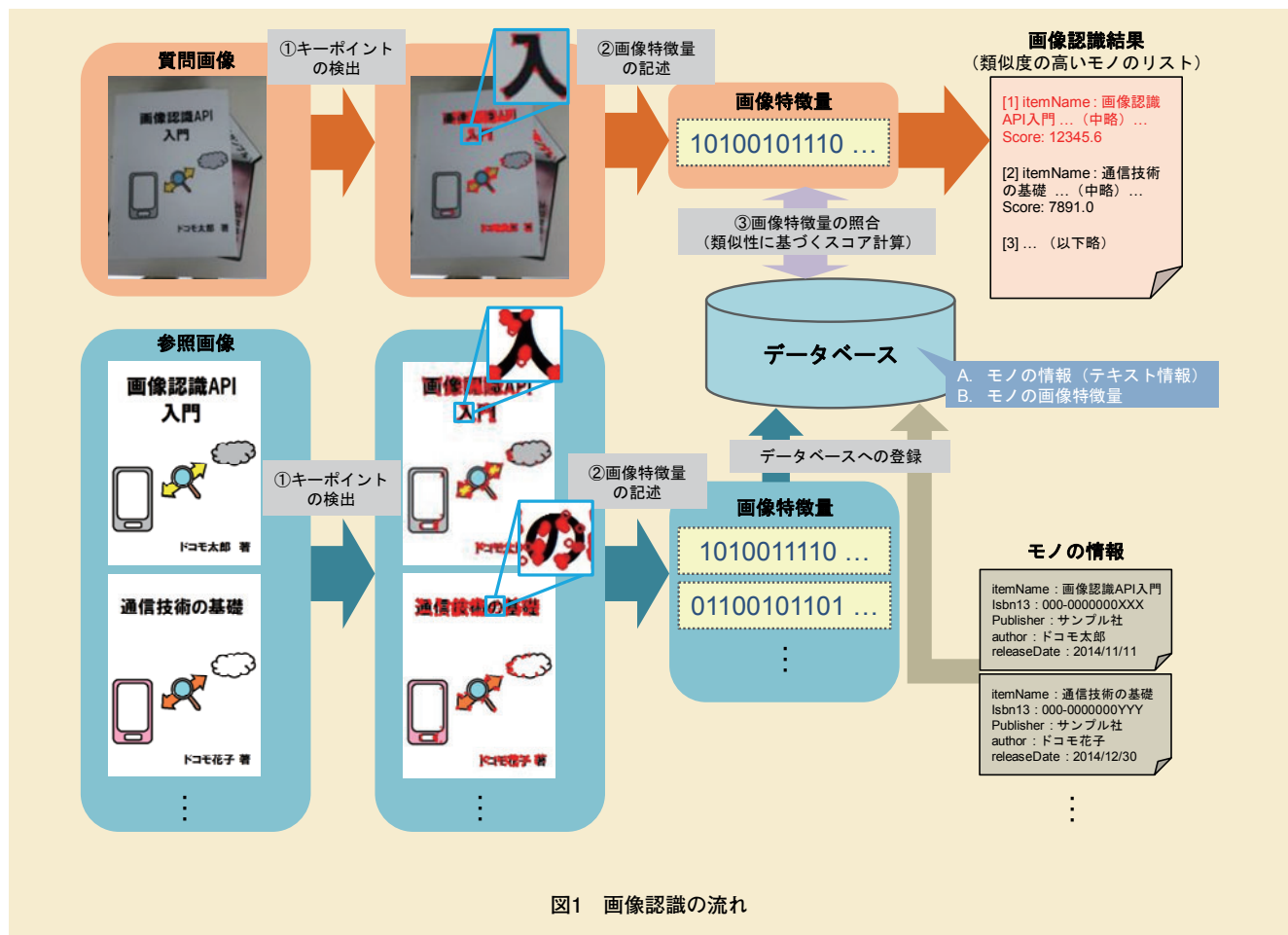


図1 画像認識の流れ

く。

②画像特徴量^{*5}の記述

①で検出された質問画像・参照画像の各キーポイントについて、周辺の輝度分布などの情報からそのキーポイントを特徴づける量（画像特徴量）を数値化して記述する。質問画像についてはリアルタイムに処理を行い、参照画像についてはオフラインで事前処理を行う。

③画像特徴量の照合

質問画像と参照画像の画像特徴量を比較し、質問画像と最も類似度の高い参照画像を選択する。

以下、各フェーズについて詳しく解説する。

(1)キーポイントの検出

画像認識では、画像に写るモノを特定するために、そのモノが持つ固有の情報を画像データから抽出する必要がある。このフェーズでは撮影状況が異なっても、そのモノが持つ固有の情報として、安定して抽出可能なキーポイントを検出する。

検出されるキーポイントは、モノが傾いていたりスケールが変動していたり、さまざまな写り方をしているでも安定して同じ点を検出可能であることが望ましい。つまり、モノの向きや傾き、スケールなどの変動に頑健であることが要求される。一般にこのような性質を持つのは線と線が交差するコーナー点であるとされ、本アルゴリズムにおいては複数のコーナー点検出手法を組み合わせ

ることによって安定したキーポイント検出を実現している。

質問画像からはリアルタイムにキーポイント検出を行い、参照画像については事前にオフラインでキーポイントを検出する。質問画像と参照画像で同じキーポイントが検出されることが望ましいが、撮影状況による多少のずれは想定される。

(2)画像特徴量の記述

ここでは、前フェーズにおいて検出されたキーポイントの画像特徴量をキーポイントの周辺輝度に基づいて算出する。質問画像と参照画像に写っているモノが同一である場合、質問画像のキーポイントの多くが参照画像のキーポイントと対応関係を持つことが期待される。各キーポイントに固有の画像特徴量を記述することによって、特徴量の比較により質問画像と参照画像のキーポイントの対応関係を知ることができる。

本アルゴリズムにおける画像特徴量とは、具体的には局所画像特徴と呼ばれる、キーポイントとそのキーポイント周辺の領域（近傍領域）でどのように輝度が分布しているかを記述したベクトルである。本アルゴリズムでは、同一のキーポイントならば撮影時のスケールの変動やモノの面内の回転（ロール）による画像の変化に関係なく一定の値を維持する性質（不変性）を持つように画像特徴量を定義している。これにより、後述する画像特徴量の比較において、モノの向きやスケールが変わっても安定的に特徴点のマッチングが可能となる。

スケール不変性や回転不変性を持つ画像特徴量としてSIFT（Scale-Invariant Feature Transform）[6]やSURF（Speeded Up Robust Features）[7]などがすでに存在しているが、本アルゴリズムではSIFTやSURFと同じくスケール不変・回転不変性を持ちながら、より高速に抽出・マッチング可能なバイナリ^{*6}ベクトルで記述された特徴量を使用している。

(3)画像特徴量の照合

このフェーズでは、質問画像と参照画像の特徴量の類似度を比較し、データベースより類似度の高いモノを特定する。本アルゴリズムの特徴は、この特定が高速に行えることである。

データベースには参照画像に写っているモノの商品IDなどの情報と、参照画像で検出されたキーポイントについて算出された画像特徴量の集合が格納されている。画像そのものではなく画像特徴量を比較することで、質問画像に対して最も類似している参照画像を見つけ、その質問画像に写っているモノが何であるかを認識する。

具体的には、質問画像の各キーポイントに対し、データベース内の全キーポイントの特徴量との類似度を計算し、類似するキーポイントのマッチングを行う。質問画像と参照画像に写っているのが同一のモノであれば十分な数の対応する特徴点ペアが見つかるので、質問画像と当該参照画像との間でモノの姿勢がどう変化しているか推定を行い、推定さ

^{*5} 特徴量：データから抽出される、そのデータの特徴づける量（数値）のこと。本稿における特徴量とは特に画像特徴量とも呼ばれ、画像から検出された特徴点（コーナー点）においてその周辺の輝度分布を特徴づける量である。

^{*6} バイナリ：0または1の数字列で記述される2進数での数値表現形式。

れた姿勢変化に沿わないペアを除去することで最終的なキーポイントペアを決定する。この対応するキーポイントペアの数とその類似度に基づいて、各参照画像の類似スコアを算出することでモノを特定する。

ところが参照画像が大量にある場合、総当たりで類似度を計算していたのでは、計算時間に数十秒、あるいはそれ以上を要してしまい、ユーザ体験の質的低下を招く。

そこで本アルゴリズムでは局所性鋭敏型ハッシュ^{*7} (LSH: Locality Sensitive Hashing) を応用した高速な探索手法を開発した。LSHを用いることで特徴量をより低次元なハッシュ空間にまとめることができるため、類似しているデータが効率的に探索可能となる。確率的な探索手法であるため、理論的には必ず最

適解が求まる保証はないが、実際にはほとんどの場合最適解が見つかる。また、数百万オーダーの参照画像に対しても1秒以内に照合が完了する。

2.2 認識性能

本アルゴリズムの性能を確認するために評価実験を実施した。ここでは、本アルゴリズムの性能と評価実験の結果について、認識精度と処理速度の両面から説明する。

(1) 認識精度

約100万件の参照画像に対し、モノを正面から大きくはっきりと写した画像、(正面の画像に対して) 拡大および縮小を加えた画像、以下同様にロール・パン・チルトを加えた画像、ノイズ・ぼかしを加えた全8種の質問画像について精度評価実験を行った (図2)。

ここでは、類似スコアが高い順に上位3位までの認識結果に正解が含まれる割合を認識成功率とする (図3)。正面の画像やノイズ・ぼかしなど、画像の「見え」が大きく変化しない画像の場合、90%以上の高精度を達成できている。一方でパン・チルトなどのモノの見えが変化する画像は、正面から写したものやロールなどと異なり特徴量の不変性が無いため、相対的に認識成功率が低くなった。また拡大縮小については不変性を持っているものの、実際には拡大の場合は図2の例のように被写体が画面からはみだしてしまう、縮小の場合には解像度が低くなり情報量が不足してしまうため、対応するキーポイントが少なくなり、認識成功率が下がる結果となった。

ここまでの評価実験の結果、認識



図2 評価用の質問画像8種

^{*7} ハッシュ: もとのデータからある一定範囲の数値を生成する処理。主にデータの高速な検索や照合などに使われる。

成功率を低下させる2つの要因が判明した。1つめはスケール変化や傾きなどによる「見え」の変化である。モノの見え方が変化することによってキーポイントの検出やその特徴量が不安定になり、マッチングが正しく行われないことが増えるため、認識成功率が低下する。2つめは似たような特徴による参照画像の取り違いである。新書など商品の見た目としてタイトル名と著者名以外は違いないモノなどの認識は、そうでない場合に比べて認識成功率が落ちる。現在、ドコモではさらなる認識成功率改善へ向け、以上2つの問題の解決に取り組んでいる。

(2)処理速度

総当たりのマッチング手法であれば、参照画像数の件数が増大すればマッチングに必要な処理時間もそれに比例して増大する。しかし本アルゴリズムのLSHによる高速マッ

チング手法ではハッシュ関数を用いた低次元なベクトル空間への写像により特徴量を次元圧縮するため、その増大幅は総当たりのマッチングに比べてずっと緩やかである。本評価実験の結果、10万件の参照画像について質問画像1枚を認識するために必要な処理時間は平均0.24秒であったのに対し、100万件の参照画像については平均0.64秒であった。10倍の件数増加に比して処理時間の増加は約2.7倍に留まっている。現在、眼鏡型ウェアラブルデバイスなどの普及も視野に入れ、リアルタイム映像からのシームレスな認識を実現するためさらなる高速化に取り組んでいる。

3. 画像認識APIサービス概要

本画像認識APIは、前述の画像認識機能をdocomo Developer support[8]

においてアプリ／サービスの開発者向けに提供しているREST (REpresentational State Transfer) API^{*8}であり、docomo Developer supportへの会員登録および利用申請を行うことで誰でも利用することができる。

3.1 画像認識APIの特性

画像認識APIでは、日本国内で販売されている商品を、パッケージの画像を基に認識する機能を提供している。対応する商品のカテゴリは書籍、DVD、CD、PCソフト、ゲームソフト、食品である。ドコモが所有するデータベース上には500万件以上の市販商品の画像および商品情報が蓄積されており、入力された質問画像の特徴量とデータベース上の画像特徴量を照合し、質問画像と類似する参照画像に紐づいている商品情報を返却する。

これまでの画像認識サービスでは、

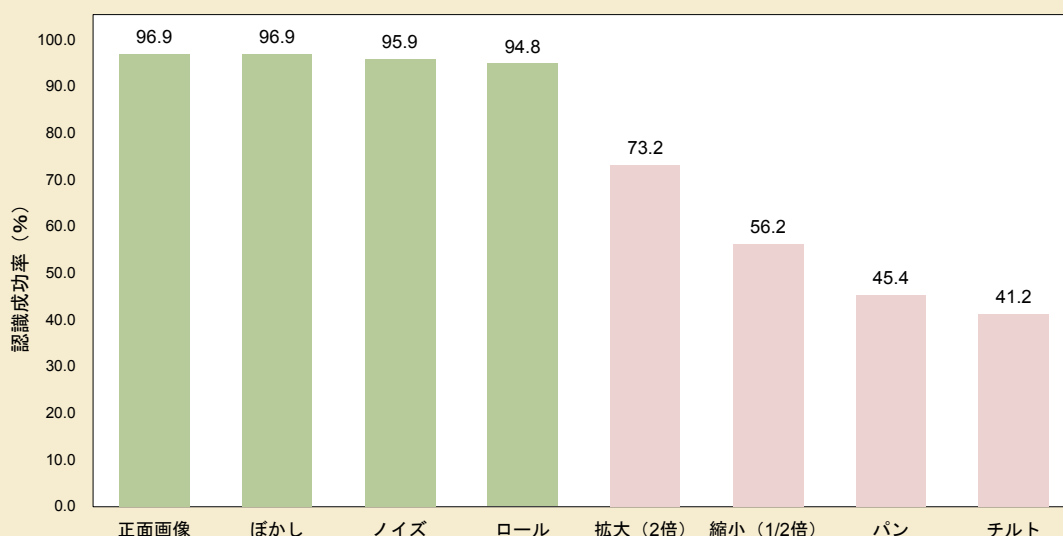


図3 認識精度 (上位3位までの認識結果に正解が含まれる割合)

^{*8} REST API : RESTの制約に従ったAPI。RESTはRoy Fielding氏が2000年に提唱した設計原則を基に発展した、ソフトウェアアーキテクチャのスタイル。

例えば日本電気株式会社が提供するGAZIRU[®]*9 [9], PUX株式会社が提供するオブジェクト認識ソフトウェア[10]のように、認識機能のみを提供し、データベース構築に必要な画像と、その画像に写っている物体の情報は、画像認識サービスのユーザーが独自に集め、登録する方式が一般的であった。本画像認識APIは、画像認識機能に加えてドコモが独自に収集した500万件以上のデータベースを合わせてユーザーに提供する方式をとる。APIを利用するユーザーがデータを収集する労力を低減するので、より手軽に画像認識機能を利用したマッシュアップ*10アプリ／サービスを開発・構築できるという利点がある。加えて、後述するが、本画像認識APIは画像を入力するだけで画像認識が可能な形で設計されており、開発者は内部の処理に関与しないので、画像認識のメカニズムに関して知識がなくても、簡単に画像認識アプリ／サービスの開発が可能となっている。

3.2 利用方法

図4に、画像認識APIの画像の入力と認識結果の返却の流れのイメージを示す。画像認識APIを利用するユーザーは、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) のPOSTメソッド*11を用い、リクエストボディ*12に質問画像を添付して送信することで、認識結果を受け取ることができる。

結果は、JSON (JavaScript Object Notation)*13形式のテキストデータで返却され、質問画像に写っている

商品の名称のほか、認識の確からしさを示すスコア (参照画像との類似度)、商品の詳細情報が返却される。商品の詳細情報としては、例えば書籍であれば出版社や出版年月日、著者などの情報のほか、その商品が購入できるECサイトのリンクなどが返却される。

また本件のAPIはフィードバック用のエンドポイントも提供しており、認識結果の妥当性をユーザーがフィードバックすることが可能である。フィードバックされた内容は、認識精度の改善およびデータベースの更新のために利用される。

3.3 サービス例

画像認識APIを利用するユーザーは、画像認識APIから返却される情報と自身のアイデアを組み合わせることで、画像認識を応用した新しいサービスを開発することが可能である。例えば、商品の名称およびECサイトのリンクを基に商品のレビューや価格を取得して表示するアプリケーションや、Amazon Firefly[4]のように写真に撮った商品をすぐにECサイトで購入できるようなアプリケーションなどが考えられる。この他にも商品を撮影して商品管理に利用するなど、さまざまな応用が考えられるであろう。

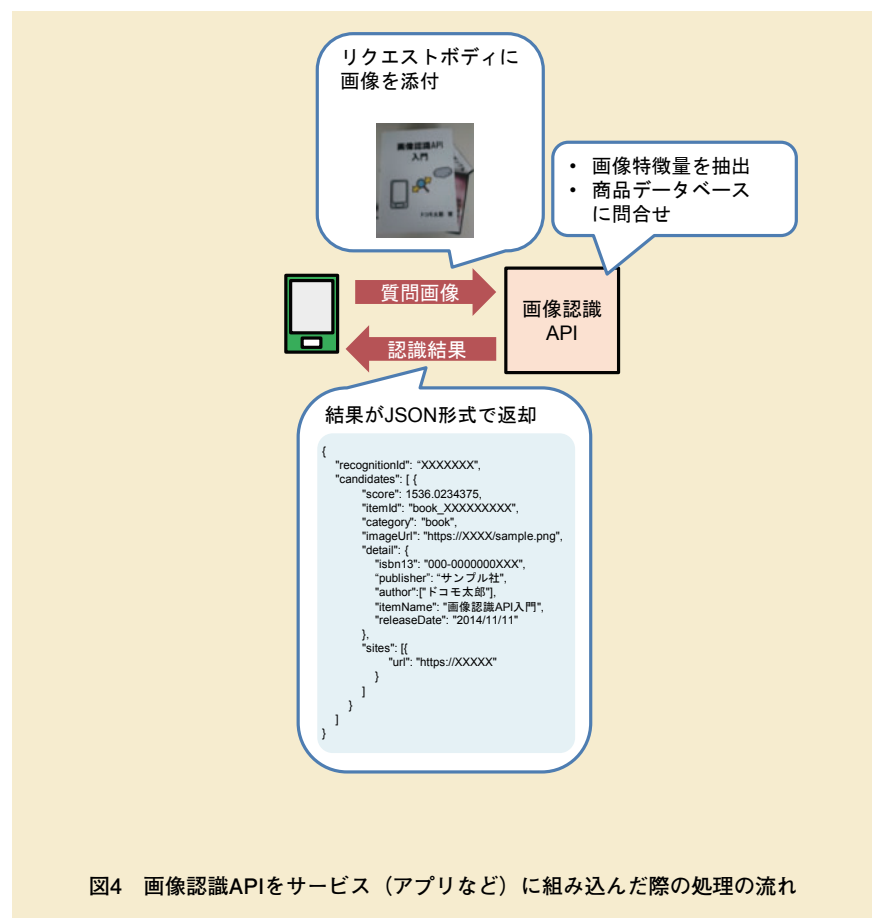


図4 画像認識APIをサービス（アプリなど）に組み込んだ際の処理の流れ

*9 GAZIRU[®]：日本電気株式会社の登録商標。

*10 マッシュアップ：複数の異なるサービスやコンテンツを組み合わせ、1つのサービスを作成、提供すること。

*11 POSTメソッド：HTTPを用いた通信において、クライアントからサーバにデータを

送信するためのメソッド。

*12 リクエストボディ：POSTメソッドにおいて、クライアントから送信するデータが記述される部分。

*13 JSON：JavaScriptのオブジェクト記述に基づくデータ記述言語。

また画像認識APIは、拡張現実（AR：Augmented Reality）技術との親和性が高く、商品を認識し、認識結果を基にした情報を画像や動画に重ねて表示するなどの利用方法が可能である。特にGoogle Glassのような眼鏡型ウェアラブルデバイスとは相性が良く、付属のカメラが撮影した映像に対して画像認識を行い、情報を眼鏡上のスクリーンに表示することで、ユーザがよりシームレスにモノの情報を得ることができるようになるだろう。本画像認識APIの公開以降、実際に一般のユーザによってAR技術・ウェアラブルデバイスを用いたアプリ開発が活発に行われている。

4. あとがき

本稿では、画像認識を用いて写真の被写体を識別する技術と、公開した画像認識APIのサービス概要について解説した。

画像認識の精度については、モノの写り方によって認識精度が異なるが、正面から撮影されている場合、

高精度な認識が可能であり、また処理時間に関しては100万規模の参照画像数の場合であっても高速に処理が行えることを実験により証明した。

現在ドコモが開発した画像認識アルゴリズムは平面のモノの認識が主であるが、今後は、3次元の角度によって見え方が異なる立体的なモノ（ランドマーク^{*14}、有名人、ファッション、料理など）に対する高速大規模画像認識技術の実現に向けて、さらに取組みを進めていく。

文 献

- [1] 東芝：“東芝未来科学館：世界初の郵便物自動処理装置。”
http://toshiba-mirai-kagakukan.jp/learn/history/ichigoki/1967postmatter/index_j.htm
- [2] トヨタ自動車：“トヨタ | 安全技術 | ナイトビュー。”
http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/technology/technology_file/active/night_view.html
- [3] Microsoft Research: “Human Pose Estimation for Kinect - Microsoft Research.”
<http://research.microsoft.com/en-us/projects/vrkinect/default.aspx>
- [4] Amazon. com: “Understanding Firefly - Amazon Apps & Services Developer Portal.”
<https://developer.amazon.com/public/solutions/devices/fire-phone/docs/understanding-firefly>
- [5] NTTドコモ：“docomo Developer supportにおける開発者支援の取組み,” 本誌, Vol.22, No.2, pp.47-50, Jul. 2014.
- [6] D. G. Lowe: “Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints,” International Journal of Computer Vision, Vol.60, No.2, pp.91-110, 2004.
- [7] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool: “SURF: Speeded Up Robust Features,” 9th European Conference on Computer Vision, 2006.
- [8] NTTドコモ：“画像認識 | docomo Developer support | NTTドコモ.”
https://dev.smt.docomo.ne.jp/?p=docs.api.page&api_docs_id=102
- [9] NEC：“サービス実現イメージ | 画像認識サービスGAZIRU（ガジル） | NEC.”
<http://jpn.nec.com/solution/cloud/gazou/service.html>
- [10] PUX Corp.: “PUX Developers site - technology.html.”
<https://pds.polestars.jp/contents/technology.html>

^{*14} ランドマーク：その土地の名所や象徴となるような建造物。

oneM2Mサービスミドル機能と3GPP-MTC伝送網との インターワーキング技術

近年、機械通信（M2M，MTC，IoT）の応用利用が広まってきている。これらM2Mの適用領域・用途は多岐にわたるものの、これまでは各事業者が個々にシステムを構築する垂直統合型のシステム提供構造であり、開発コストや開発期間などが課題となっていた。国際標準化組織oneM2Mでは、この根本的課題を解決すべく、共通サービス機能をプラットフォームとして提供する国際標準化仕様の策定を進めている。本稿では、このoneM2Mの組織概要、初版技術仕様、3GPP-MTC伝送網を利用した場合のインターワーク機能について詳解する。

ネットワーク開発部	こしみず たかし 輿水 敬
M2Mビジネス部	くりた りょうへい 栗田 涼平
	はせがわ めい 長谷川 盟惟
移動機開発部	ふじむら こうた 藤村 広太

1. まえがき

近年、機械通信（M2M（Machine to Machine）^{*1}，MTC（Machine Type Communication）^{*2}，IoT（Internet of Things）^{*3}）の応用利用が広まってきている。これらM2Mの適用領域・用途は多岐に渡るものの、従来のM2Mサービスでは、各サービス提供事業者が個々に自前でシステムを構築して、業種内に閉じたサービスを提供していた。この垂直統合型のサービス構造が開発コストの増大、開発期間の長期化、開発作業の重複を助長し、新たにM2Mサービスに参入しようとするサービス提供事業者の参入障壁の原因となっていたと言われていた。

国際標準化組織oneM2M[1]では、この課題を解決すべく、各M2Mサービスで共通して必要となる共通

サービス機能（CSF：Common Service Function）をプラットフォームとして提供する国際標準化仕様の策定に取り組んでおり、これによる安価かつ短期間でのサービス導入やM2Mデータの相互流通の実現、それに伴う水平展開型の市場拡大と業種の垣根を超えた新規ビジネスやビックデータを活用した革新的サービスの創生を目指している（図1）。

ドコモはこのoneM2Mの国際標準化活動に参加するとともに、3GPP（3rd Generation Partnership Project）-MTC[2]伝送網を利用した場合に必要なインターワーク^{*4}機能を提案し、oneM2Mの初版技術仕様にその機能が採用された。

本稿では、国際標準化組織oneM2Mの設立背景、組織構成、および2014年8月にリリースされた初版技術仕

様の概要とその利点について解説し、oneM2M-PF（Platform）と3GPP-MTC伝送網とのインターワークの概説を行い、その実際的な機能の詳細であるoneM2M-PFと3GPP-MTC伝送網の機能連携によるトリガリング方式について解説する。

2. oneM2Mの概要と初版仕様

2.1 oneM2Mの設立背景

M2Mサービスの国際標準化活動乱立への懸念を背景とし、欧州の標準化機関ETSI（European Telecommunications Standards Institute）^{*5}の提唱により2011年7月から全世界の7つの主要標準化機関（ARIB（Association of Radio Industries and Businesses）^{*6}（日）、ATIS（Alliance for Telecommunications Indus-

try Solutions)^{*7} (米), CCSA (China Communications Standards Association)^{*8} (中), ETSI (欧), TTA (The Telecommunications Industry Association)^{*9} (米), TTA (Telecommunications Technology Association)^{*10} (韓), TTC (The Telecommunication Technology Committee)^{*11} (日)) で, M2Mサービスの標準化活動統一に向けたグローバルな統合組織設立の検討が開始された。

2011年12月にはM2M標準化のための国際統合組織設立について基本的合意がまとまり, 2012年1月に「oneM2M」と組織名称が正式決定, 2012年7月からM2Mサービス提供基盤の国際標準化仕様の策定を目指して, 活動を開始した。

2.2 oneM2Mの組織構成

oneM2Mの組織構成は, 大きく分

けて, 図2にあるように運営委員会 (SC: Steering Committee), 技術総会 (TP: Technical Plenary), そして各WG (Working Group) から構成される。

SCがoneM2Mの組織運営全般を担い, 組織の運用ルールや, 組織目標, 検討スコープの策定を行う。SCの方針に基づき, TPが標準化作業の進捗管理を行い, 配下にある各WGで検討した仕様に対する承認もTPが行う。

続いて, 各WGの活動スコープを概説する (図3)。

WG1: 標準化仕様検討のベースとなる要求条件の策定を担当している。具体的には, M2Mサービスのユースケースをさまざまな産業から収集し, 各産業共通で必要となる機能を抽出, セキュリティ関連の要件や, 課金関連の要件, デバイス管理に関

する要件などに分類し, その結果を機能要求条件として規定する。

WG2: oneM2M機能アーキテクチャを担当し, コンセプトを実現するのに必要なレイヤーモデル (アプリケーション層, 共通サービス層, ネットワーク層) やアーキテクチャ内の各機能間の参照点^{*12}について規定する。

WG3: oneM2Mで用いるプロトコルを担当し, 通信プロトコルにおけるデータ表現方法 (データタイプ, メッセージパラメータ, リソースタイプなど) に加え, 正常/準正常手順に関連したステータスコードについても規定する。

WG4: セキュリティ機能を担当し, M2Mサービスにおける各種セキュリティ機能 (アクセス管理, サービス認証, セキュリティ証明の管理, ID管理など) や, M2Mノード間の

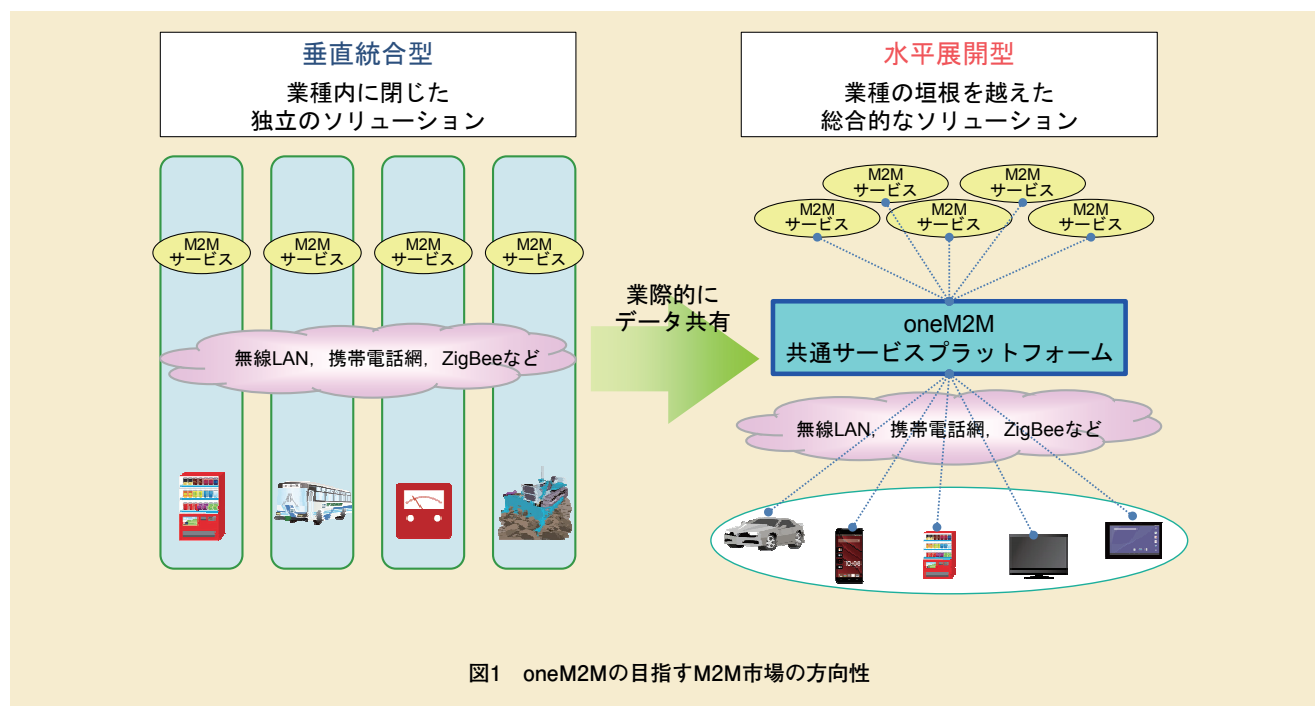


図1 oneM2Mの目指すM2M市場の方向性

*6 ARIB: 日本における通信・放送分野における電波利用システムに関する標準規格の策定などを行う総務省所管の社団法人。
*7 ATIS: 米国電気通信産業ソリューション連合。
*8 CCSA: 中国通信標準化協会。

*9 TTA: 米国電気通信工業会。
*10 TTA: 韓国情報通信技術協会。
*11 TTC: 一般社団法人情報通信技術委員会。

*12 参照点: 各要素間のインタフェース部分。

安全な通信路の確立に向けたシーケンスなどを規定する。

WG5：デバイスマネジメントと用途の抽象化について検討が行われ、統一されたインタフェースを利用して、別の標準化団体（OMA（Open Mobile Alliance）^{*13}/BBF（Broad-Band Forum）^{*14}など）の複数のデバイス管理プロトコルを管理・制御できるデバイスマネジメント機能を規定する。

2.3 oneM2Mの初版仕様

(1)oneM2M Release-1

設立から2年の時を経て、2014年8月に oneM2M は初版仕様（Release-1）を公開した（表1）。公開後に外部からのレビューコメントを受け付け、2015年2月に改訂版をリリースした。また、2014年12月には、初版リリースイベントが開催され、oneM2M規格を使ったデモも実施された。

(2)oneM2M共通プラットフォーム

oneM2Mの初版仕様で定義された共通プラットフォームの概要について解説する（図4）。oneM2Mの主な検討スコープは、下位伝送網とアプリケーション層の中間に位置するサービスミドル^{*15}層の共通プラットフォームである。M2Mサービスのサービスミドル制御機能を標準化仕様とすることで、サービス提供者が1つのサービスミドル層でさまざ

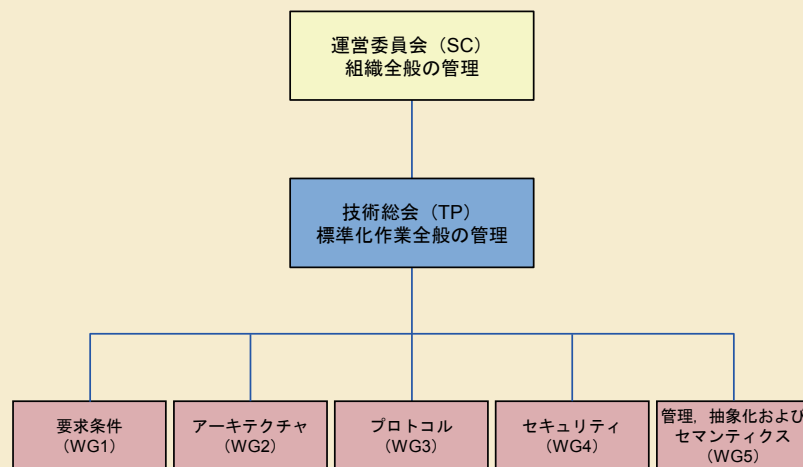


図2 oneM2M組織構成

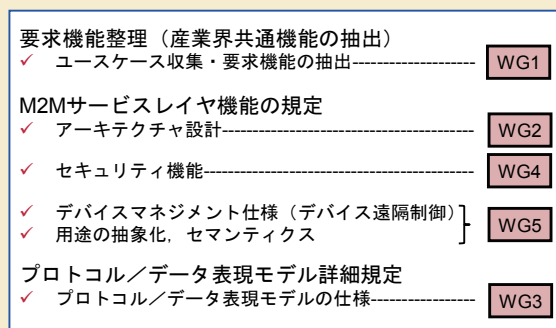


図3 各WGにおける主な検討内容

^{*13} OMA：モバイル技術の国際標準規格を策定する業界団体。

^{*14} BBF：ブロードバンド市場の普及促進を図る国際団体。

^{*15} サービスミドル：さまざまなサービスで共通して利用されるミドルプラットフォーム機能。

まなM2Mデバイスやアプリケーションを制御することが可能となる。

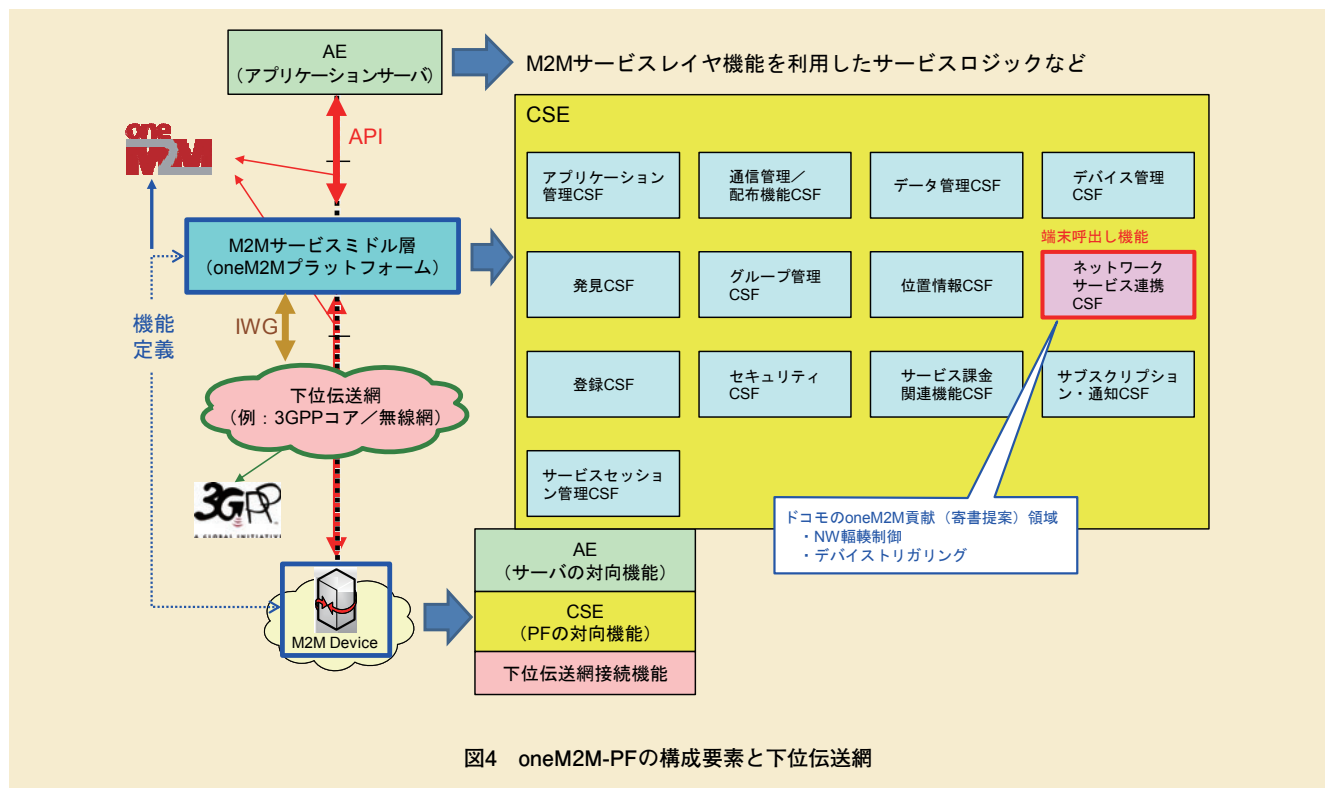
ユースケースから抽出された要求条件を基に、デバイス管理、アプリケーション管理、データ管理、位置情報制御、セキュリティ制御、サービス課金機能など、計13の機能モ

ジュールがサービスミドル制御機能として定義されている（表2）。共通プラットフォームを構成する論理ノードは、CSE（Common Service Entity）と呼ばれ、CSEを構成する13の機能モジュールは、CSFと呼ばれる（図4）。

これらのCSFのうち、ドコモが主に寄書提案した領域は、移動通信網に関連するネットワークサービス連携CSFであり、NW輻輳^{*16}制御やデバイストリガリング^{*17}をつかさどる機能の1つである（図4、表2）。

表1 oneM2M初版仕様の一覧

仕様書番号	タイトル	担当WG
TS 0001	M2M Architecture	WG2
TS 0002	M2M Requirements	WG1
TS 0003	oneM2M Security Solutions	WG4
TS 0004	oneM2M Protocol Technical Specification	WG3
TS 0005	oneM2M Management Enablement (OMA)	WG5
TS 0006	oneM2M Management Enablement (BBF)	WG5
TS 0008	CoAP Protocol Binding Technical Specification	WG3
TS 0009	HTTP Protocol Binding Technical Specification	WG3
TS 0011	Definitions and Acronyms	全WG



*16 輻輳：通信の要求が短期間に集中して通信制御サーバの処理能力を超え、通信サービスの提供に支障が発生した状態。

*17 デバイストリガリング：デバイスに動作の契機となる情報を送信することで、そのデバイス内のアプリケーションが動作すること。

(3) oneM2M機能の実装イメージ

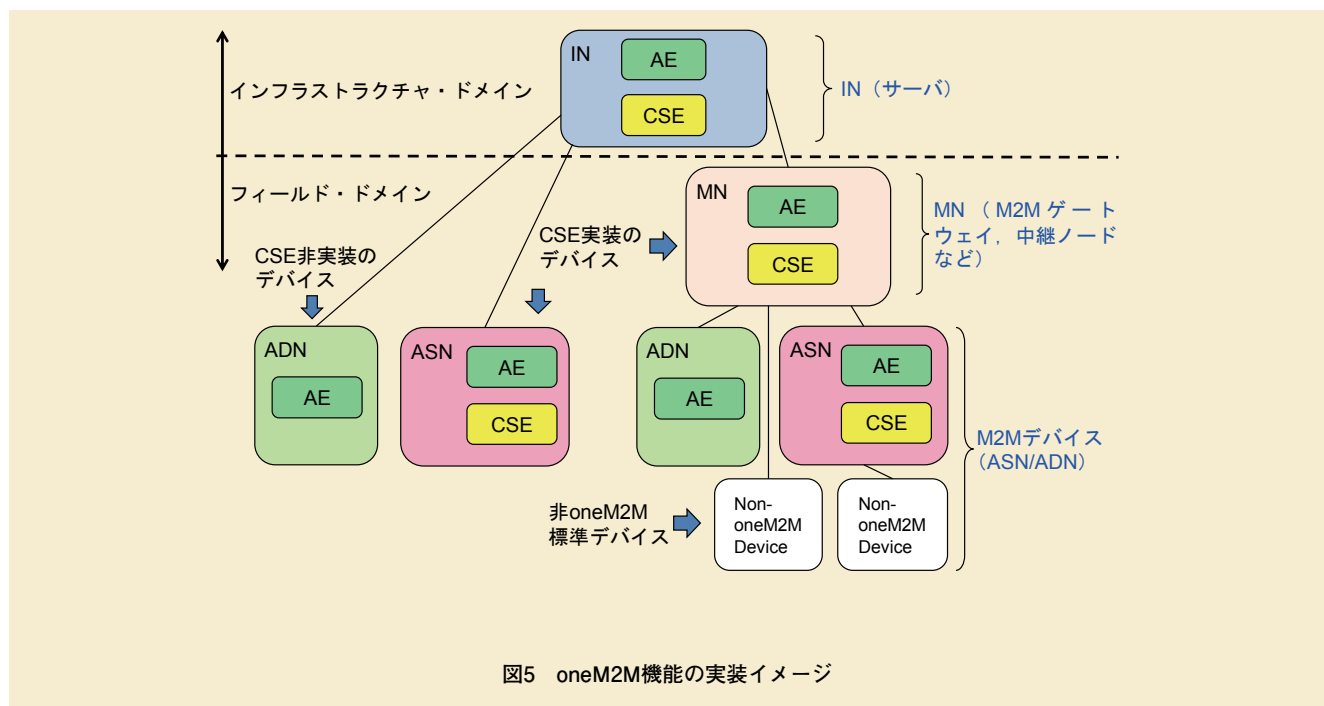
oneM2M機能の実装イメージを図5に示す。oneM2Mのサービスミドル制御機能を提供する論理ノードCSEは、M2Mデバイスや各サーバ・ノー

ドにソフトウェア的な機能として実装される。AE (Application Entity) はアプリケーションであり、図はこれら2つのエンティティ^{*18}がノードにどのように置かれるかを示してい

る。IN (Infrastructure Node) は伝送網側に置かれるサーバであり、oneM2Mではインフラストラクチャ・ドメインと呼ばれる。これに対し、フィールド・ドメインはM2M

表2 oneM2MのCSEを構成するCSFs

機能 (CSF)	概要
アプリケーション管理CSF	CSE自身の設定機能や診断機能, AEのソフトウェア管理機能
通信管理/配布機能CSF	各エンティティ (CSE/AE/NSE) 間の通信管理機能
データ管理CSF	アプリデータ, 加入者情報, 位置情報, デバイス情報などの蓄積・仲介機能
デバイス管理CSF	デバイス遠隔管理機能 (OMA-DM/LWM2MやTR-069などを利用)
発見CSF	AEや他のCSEの要求に基づく, 情報・リソース検索機能
グループ管理CSF	グループ管理機能
位置情報CSF	端末位置情報の提供機能
ネットワークサービス連携CSF	各NSE (ネットワーク) が有するネットワークサービス機能へのアクセス機能
登録CSF	自CSEに対するAE/他CSE/デバイス端末などの登録機能
セキュリティCSF	セキュリティ機能 (データ暗号化, セキュリティ管理, 認証, 認可機能など)
サービス課金関連機能CSF	課金管理
サブスクリプション・通知CSF	サービスセッション管理
サービスセッション管理CSF	リソースに対するサブスクリプション管理, 変更発生時の通知機能



*18 エンティティ：論理アーキテクチャにおいて、機能を提供する構成要素。

デバイスや、それらを集約するM2Mゲートウェイなどのミドルノード(MN: Middle Node)が含まれる領域を示す。

M2Mデバイスは、AEとCSEの置かれ方の違いにより、アプリケーションサービスノード(ASN: Application Service Node)やアプリケーション専用ノード(ADN: Application Dedicated Node)、Non-oneM2M Deviceと呼ばれる。ADNとASNの違いは、CSEの有無であり、CSEを有するASNの配下には、Non-oneM2M Deviceを置くこともできる。Non-oneM2M DeviceはAEやCSEを持たないので、oneM2M規定の機能は提供されないが、接続性は考慮されている。

2.4 oneM2M技術仕様の利点

oneM2Mの標準仕様を利用する主な利点を以下に整理する。

第一は、サービス提供に向けたビジネスコストの低減が挙げられる。M2Mサービス事業者はサービスごとに個別のプラットフォームを用意する必要がなく、また共通プラットフォームを利用することによりアプリとデバイスのみでビジネスが可能となる。そのため参入コストが低減され、より小さな企業も参入が可能となるので、市場の拡大が期待される。

第二に、oneM2MのCSEは、移動網・固定網・ローカルエリア通信などの下位伝送網の種類を問わず利用できることを目指しており、伝送網の通信手段を問わない汎用性も利点

である。

第三は、既存M2Mプロトコルへの相互接続性を保証している点も大きな利点である。oneM2Mではコアプロトコルのみ規定し、HTTPなどのoneM2M仕様に非準拠の既存プロトコルについても相互接続を想定し仕様設計されている。

最後に、oneM2Mでは、異なる業界間でもM2Mデータを水平展開して再利用できるセマンティックス^{*19}というデータ活用の標準仕様を検討している。例えば、ITS分野や電力分野などさまざまな業界のデータを連携活用することによってスマートシティを実現するなど、業界の垣根を越えた蓄積データの利活用の促進や新規ビジネスの創生が期待されている。

3. oneM2M-PFと3GPP-MTC網とのインターワーク

oneM2M-PFを構成する機能は、図4にあるような伝送網と連携して初めて機能する。oneM2M-PFから見るとこの下位伝送網はどのような伝送網でも良いが、ドコモの持つ移動通信網において、このような新たな機能が既存のネットワーク(3G網やLTE網)との組合せ運用において、一体的に動作することが重要である。ドコモは、oneM2M Release-1の標準化仕様の中において、特にこの点に留意し活動を進めてきた。図4では、どのような網でも下位伝送網として適用できることを想定しているが、3GPPにおいては、MTC

網の機能検討がすでに独立に進められていたので、この機能と良く整合が取れるようにoneM2M側の機能を設計する必要があった。したがって、oneM2Mと3GPPにおけるMTC網のインターワークを実現するために、我々は双方の技術内容を俯瞰し、整合性を高める活動を進めた。以下にM2Mデバイスの持つ特徴や機能連携に必要な留意点や狙いと、3GPP Release-11のMTC網基盤概要とトリガリング手法を解説する。

3.1 M2Mデバイス特徴、機能連携の留意点と狙い

(1)M2Mデバイス特徴

機械通信(M2M, MTC, IoT)の応用例は多様で広いが、一般的に利用されている携帯電話などと比べても非常に小型で、機能が大幅に制約された端末になると考えられている。これらの利用形態としては、例えば部屋の中にセンサを分散して配置し、温度、湿度、埃など環境計測として用いる安価で小型のセンシング目的限定の端末となり、そのサイズの制約上給電などを必要としない用途も多く考えられている[3] [4]。

このような環境センサ型のM2Mデバイスは、サイズが小さく機能も制限されており、電源容量も小さく限られる傾向にある。そのため、これらのデバイスは動作時間が短く、いったん測定が終わったら消費電力削減のため、ドーマント^{*20}状態にステートを移行する特徴や送信データ量を抑えた小送信データ量としての特徴が挙げられる。一方、IoTなど

^{*19} セマンティックス：データが持つ意味に関する取り決めのこと。

^{*20} ドーマント：通信機器の状態の1つで、通信の待ち受け状態のこと。

を代表とするユースケースとしては、膨大な量のデバイスの利用が想定されているため、これらのM2Mデバイスを効率的に広域網に収容するための課題検討が進められている[5] [6].

(2)MTC-GWプロキシ

(1)のような特徴の計測デバイスである端末と、公衆網に代表される広域ネットワークとの仲立ちを提供する機能が、デバイス・プロキシと呼ばれるMTCゲートウェイ (MTC-GW) プロキシであり、その名の示すとおりデバイスの代理としての機能をもつ。図6を例としてその機能と効果を説明する。計測デバイスから計測値を網側に上げるアップリンク通信において、例えば1時間に1回の温度計測の場合、他の時間帯は通信を行わないため計測デバイスは

ドミナント状態に遷移し、計測値は図6のMTC-GWプロキシに蓄積される。また、計測デバイスは、消費電力量低減のためこのGWとは低消費電力である近距離無線を使い通信がされるよう配置されている。一方、ネットワークに置かれるサーバ側が、デバイスの計測値を得たい場合には、この常時接続性が保たれているMTC-GWプロキシへアクセスし、蓄積されていたデータを取り込む動作となる。このような基本動作が、リアルタイム性は必要ないが機能制約のある計測デバイスを安価にかつ多数収容する形態として検討されている[4]. これらが、oneM2Mの検討 (図5) においても、デバイスを集約するMNが含まれている形態となっている大きな背景である。

3.2 3GPPのMTC関連機能概要

(1)3GPP下位伝送網を経由した接続性

図7は3GPP網を下位伝送網として利用した場合に、MTC-UEであるASNもしくはMNとサーバ側のINがどのようなIF (InterFace) を経由し接続性が提供されるのかを簡略化し図示したものである。oneM2Mで考えられているM2Mデバイスはミドルノード (MTC-GWやMTCプロキシ) 含め3GPPのアーキテクチャ上では、図にあるようにUEに相当する。

図7において左側のMTC-UE側から解説する。oneM2Mの規格に従い、UEにはAEとCSEが置かれる。既出図5にもあるように、ASNやMNがこのようなoneM2M機能を有するが、

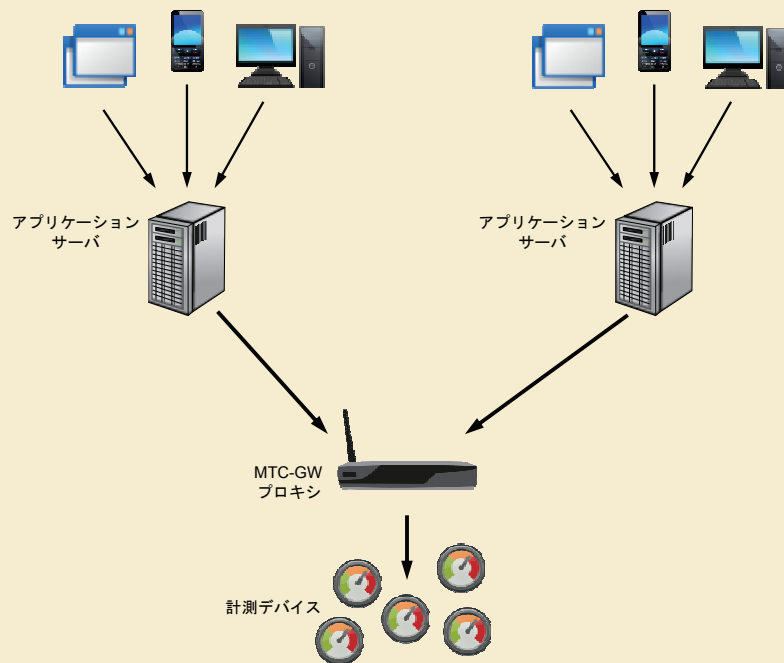


図6 MTC-GWプロキシの効果

3GPP網から見ると1つのUEとして認識される。そのためASN/MN-CSEと3GPP網との接続はUu-IF (3GPPのエアIF^{*21}) を経由し接続される[7].

一方、oneM2Mの網側サーバ機能であるCSE（3GPPでの定義はSCS：Service Capability Server^{*22}）と3GPP網との接続性は図7の右側の形態となり、IN-CSE（Infrastructure Node-CSE）と3GPPの下位伝送網は、U-plane（User Plane）^{*23}情報がMcc-IF^{*24}、またC-Plane（Control Plane）^{*25}情報はTsp-IF^{*26}により接続される形となる。

図7における3GPP Underlay Networkは、ASN/MN-CSE (MTC-UE)とIN-CSE間でIPコネクティビティがどのように提供されるかを簡略的に示したものである。実質的には3GPPのRelease-11におけるMTC網基盤によりこの接続性が提供される。その機能を以下に示す。

(2) 3GPP Release-11のMTC網基盤
を例とした下位伝送網

当初oneM2Mの議論において、3GPPのどのリリースのMTC網基盤を選択するかが議論になった。ドコモはその完成度と機能内容から、3GPP Release-11のMTC網基盤を採用することを提唱し、結果この前提が、oneM2MのRelease-1仕様の中で規定された。3GPPのRelease-11、MTC網基盤の全体アーキテクチャを図8に示す[8]。図中赤字で示された所がこのMTC網基盤にoneM2Mで検討されている機能エンティティを付け加えた部分となる。

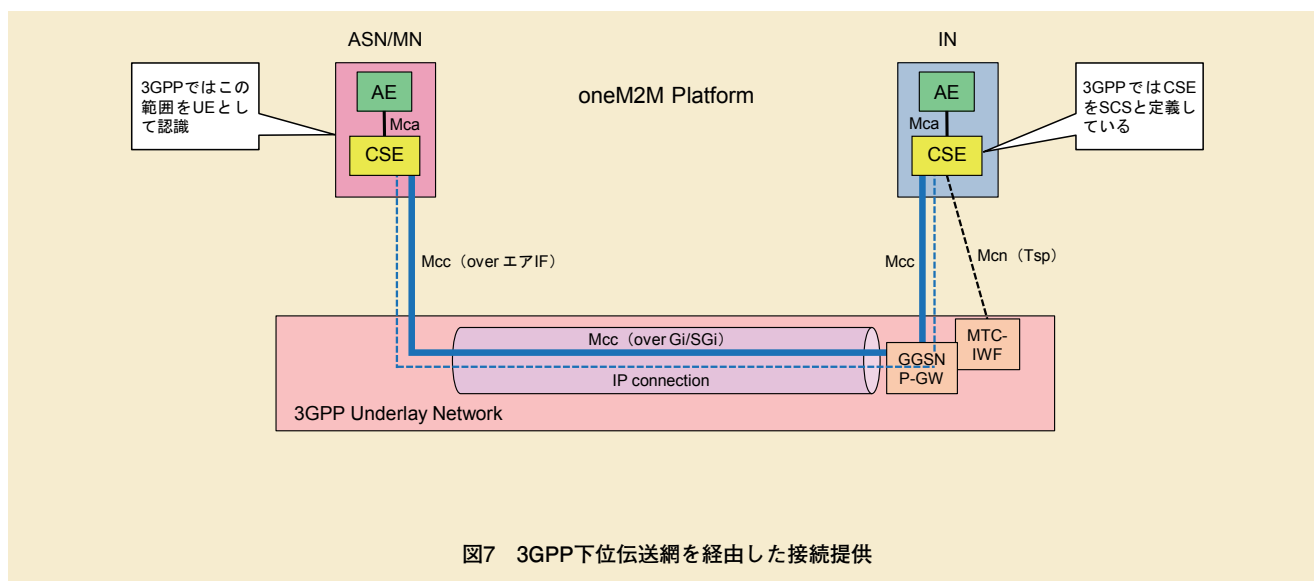
主要機能としては、3GPP側で規定されているSCSは2章で説明されたoneM2MのIN-CSE（図5）に相当する。またU-Planeが運ばれるMcc-IFはGi/SGi-IF*²⁷に対応し、C-Plane信号が運ばれるoneM2MのMcn-IFは3GPPにおけるTsp-IFに対応する。端末側ではoneM2MのASNやADNなどのM2Mデバイスおよびミドル

ノードも3GPPのUEに相当する。2つの標準化仕様の整合は当初、検討の場や参加者が異なるため、議論の収束に時間を要したが、双方のエキスパートが参加することにより最終的な機能対応がなされ、機能の結合が進むことになった。

(3)SMSによる着信ルート

図8に示す3GPP Release-11のMTC網基盤による着信トリガリングは、SMS*²⁸手法によってのみ実現される。その着信ルートと主要な機能エンティティを図中①のAS (Application Server)*²⁹から、特定の端末に着信を行う例で解説する。

ASは、EXT-ID (External-ID) と呼ばれる、ある特定端末を一意に識別するIDを着信信号に付与しSCSに着信をかける。SCS (oneM2MのIN-CSE) は3GPP網にこの対象となる端末が置かれていることを判定し、Tsp-IF経由で、3GPPのMTC-IWF (Machine Type Communication-Inter Working Function) *30に着信



***21 エアIF：移動端末から無線基地局間の無線通信区間の総称**

*22 **SCS**：端末との通信を終端し、M2Mアプリケーションを実装する装置。

*23 **U-Plane**：制御信号の伝送路であるC-Planeに対し、ユーザデータの伝送路.

*24 Mcc-IF：oneM2M仕様における参照点の1つで、CSE～Underlay NW間のインタフェース。

*25 **C-Plane**：制御プレーン。通信の確立などをするためにやりとりされる，一連の制御処理をさす。

*26 Tsp-IF：3GPPのMTC仕様の参照点の1つで、MTC-IWF～SCS間のインタフェース。

*27 **Gi/SGi-IF** : 3GPPのEPC仕様の参照点の1つで、SGSN/PGW～外部サーバ間のインタフェース。

を転送する。このMTC-IWFはHSS (Home Subscriber Server) *³¹への問合せを経て、3GPP網内の着信に必要な内部IDであるINT-ID (Internal-ID) を導出する。Release-11のMTC網におけるMTC端末への着信はSMSであることから、特定の端末にSMS着信を行うために必要なMSISDN (Mobile Station International Integrated Services Digital Network Number) *³²がINT-IDとして実質的に導出される。これはT4-IFを経て、SMSの起動に必要なエンティティ (SMS-SCなど) に引き渡され、3G-CS向けであればMSC (Mobile Switching Center) *³³へ、

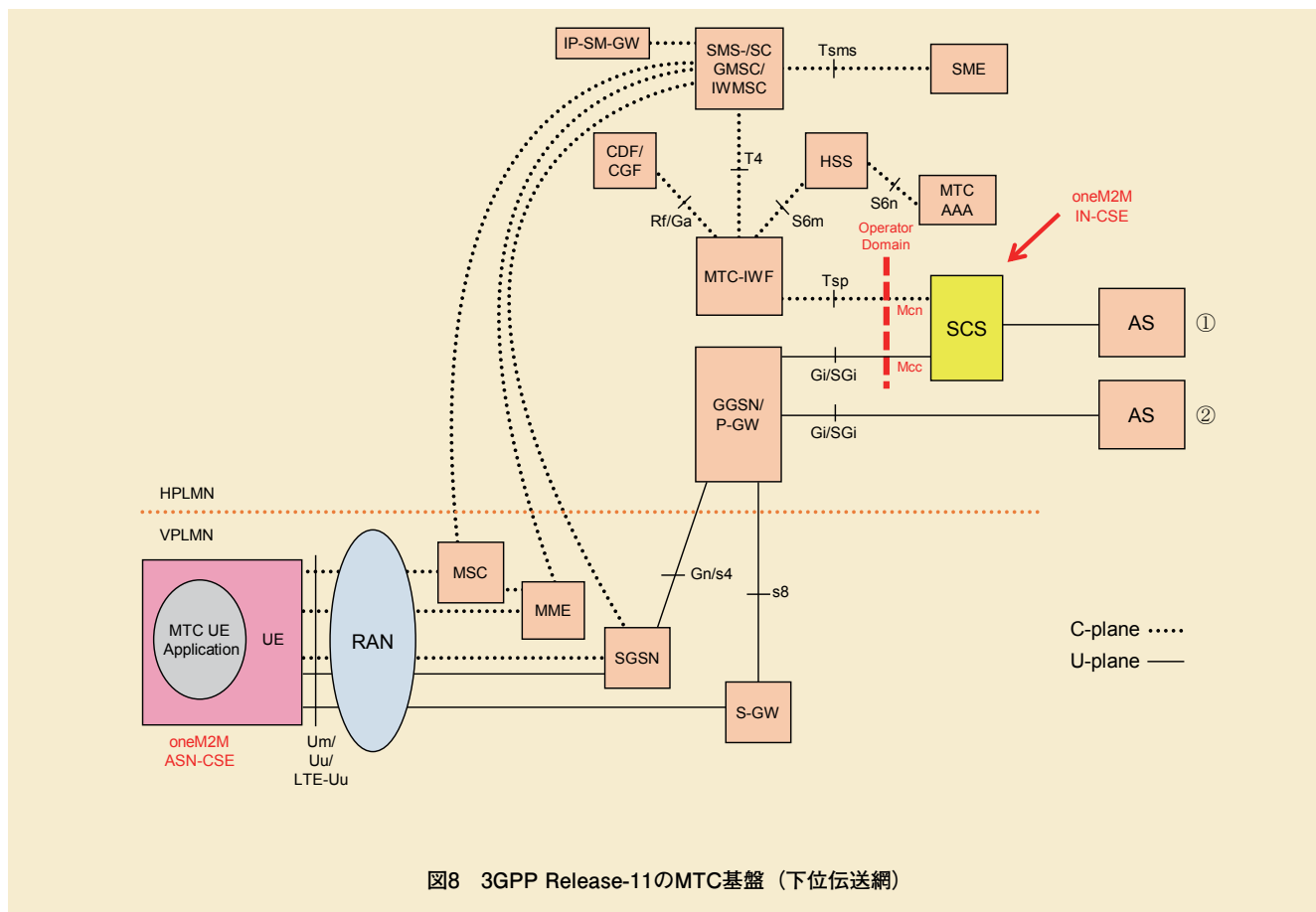
3G-PS向けであればSGSN (Serving General packet radio service Support Node) *³⁴へ、LTEであればMME (Mobility Management Entity) *³⁵へそれぞれSMS着信要求が行われ、ページング*³⁶動作などを経て端末のMTC-UEに対し、着信動作がなされる仕組みである[8]。

以上がSMSによる着信ルートであるが、着信がなされる前にSCS (IN-CSE) に適切な情報が登録されていることおよび、IN-CSEがUEの状態を把握していることが着信動作の起動前に必要になる。これらの仕組みがあって初めて、電源断の場合着信を起動させないなどの無

駄のない制御が可能となる。

3.3 oneM2M と 3GPP 網の機能連携によるトリガリング方式

前述の通り3GPP網では、UEの状態すなわち、電源断、ドーマント、通信中などの状態を詳細に把握することにより、信頼性の高い発着信処理などの動作を実現している。一方、新たに作られたoneM2M-PFではこのようなUEの状態を持ち得ないため、例えば電源断の端末に対し着信動作を起動してしまうなどの問題へも繋がる。このような課題に対し、ドコモはoneM2M-PFに



*²⁸ SMS : テキストベースの短い文章を送受信するサービス。移動端末の制御用信号を送受信することにも用いられる。

*²⁹ AS : サービスを提供するアプリケーションを実行するサーバ。

*³⁰ MTC-IWF : 3GPP networkへの接続要求信

号やC-Plane要求信号の認証やデバイストリガリング機能を実装する装置。

*³¹ HSS : 3GPP移動通信網における加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

*³² MSISDN : 3GPP上で規定される加入者に

割り当てられる電話番号。

*³³ MSC : 3GPP上で規定される回線交換機能を有する論理ノード。

*³⁴ SGSN : 3GPP上で規定されているパケット通信機能を有する論理ノード。

においても着信に最低限必要なUEのステートを確保・保持して動作させる機能を提案し、最終的にUEのステート状態の変化時にIN-CSEにそれを通知・保持できるようにした。加えてIN-AEからの着信コンテンツも勘案し、着信挙動を選択する方式に結びつけた。以下登録機能と、着信動作をそれぞれ説明する。

(1) 端末側からのIN-CSEコネクション形成手順

図9はMTC-UE (ASN/MN-CSE) がアタッチ^{*37}手順を経てIN-CSEにUEの宛先アドレスを登録させ、かつコネクションを形成するための手順である。この中で図9①～③は3GPPで規定の手順^[2]をそのまま利用して

おり、上記ステップを経て図9④でUEとIN-CSE間のコネクションが形成される。

この手順を経てIN-CSEは、任意のUEを特定するID (M2M-Ext-ID) とこの端末の宛先アドレスの組を保持することになる。UEは自己のステート状態、例えば電源断、ドーマント状態の変化などがあった場合、これをIN-CSEに通知する仕組みとなっている。IN-CSEはこのステート状態 (接続中も含む) を保持しながら、IN-AEからの着信コンテンツ (中身) も勘案し、着信挙動を選択させる手順が工夫されている部分である。もし図9④以降にUEの宛先アドレス (PoA: Point of Attach-

ment) などが変わった場合には、図9⑤にてこれをIN-CSEへ通知する^[7]。

(2) IN-CSEから端末へのコネクション形成手順

前述の登録手順を経て初めて端末への着信が可能となる。この手順を図10に示す。

まずIN-AEがIN-CSEに対し任意端末を指し示すM2M-Ext-IDなどを含め着信要求を送信する (図10①)。これを受けたIN-CSEはこのIDを元にDNS (Domain Name System)^{*38} 問合せを行い下位伝送網の送信先を特定する (図10②)。

次にIN-CSEは送り先となる下位伝送網、すなわちこの場合3GPP網

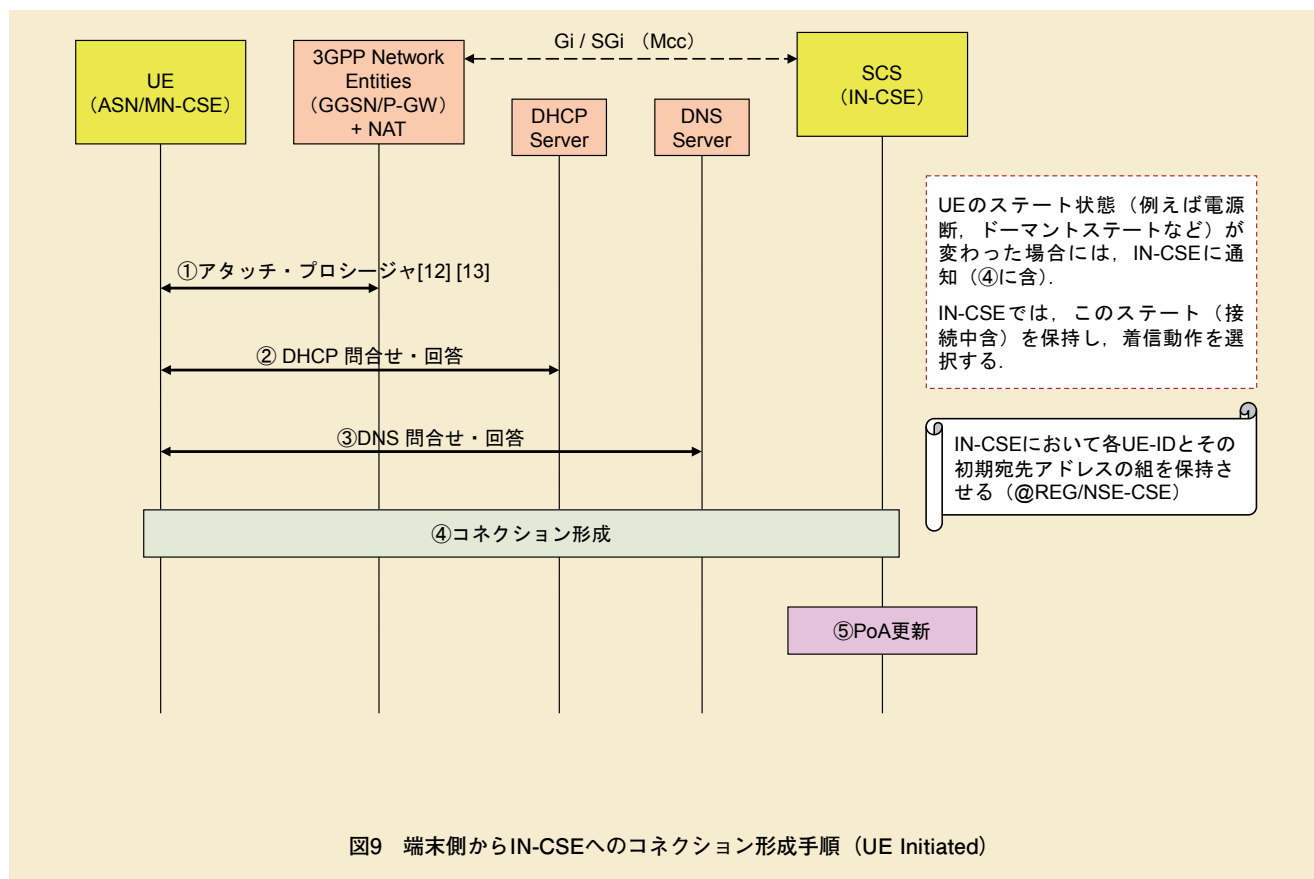


図9 端末側からIN-CSEへのコネクション形成手順 (UE Initiated)

*35 MME: eNBを収容し、モビリティ制御機能などを提供するC-Plane制御の論理ノード。
 *36 ページング: 着信時に移動端末を一斉に呼び出す処理。
 *37 アタッチ: 移動端末の電源投入時などにおいて、移動端末をネットワークに登録する

処理および状態。

*38 DNS: IPネットワーク上のホスト名とIPアドレスの対応付けを行うシステム。

のMTC-IWFに着信要求を転送する(図10③)。この後のデバイスへのトリガリング手順(図10④)は3GPP-MTC仕様[8]規定の手順となり、これを経て端末であるASN-CSEへトリガが届けられる(図10⑤)。このトリガを受け、UEがIN-CSEに対しコネクション形成手順を起動させる(図10⑥⑦)。

これを受けたIN-CSEは送信宛先であるPoAや着信に必要なステートの更新が可能となる(図10⑧)[7]。

4. あとがき

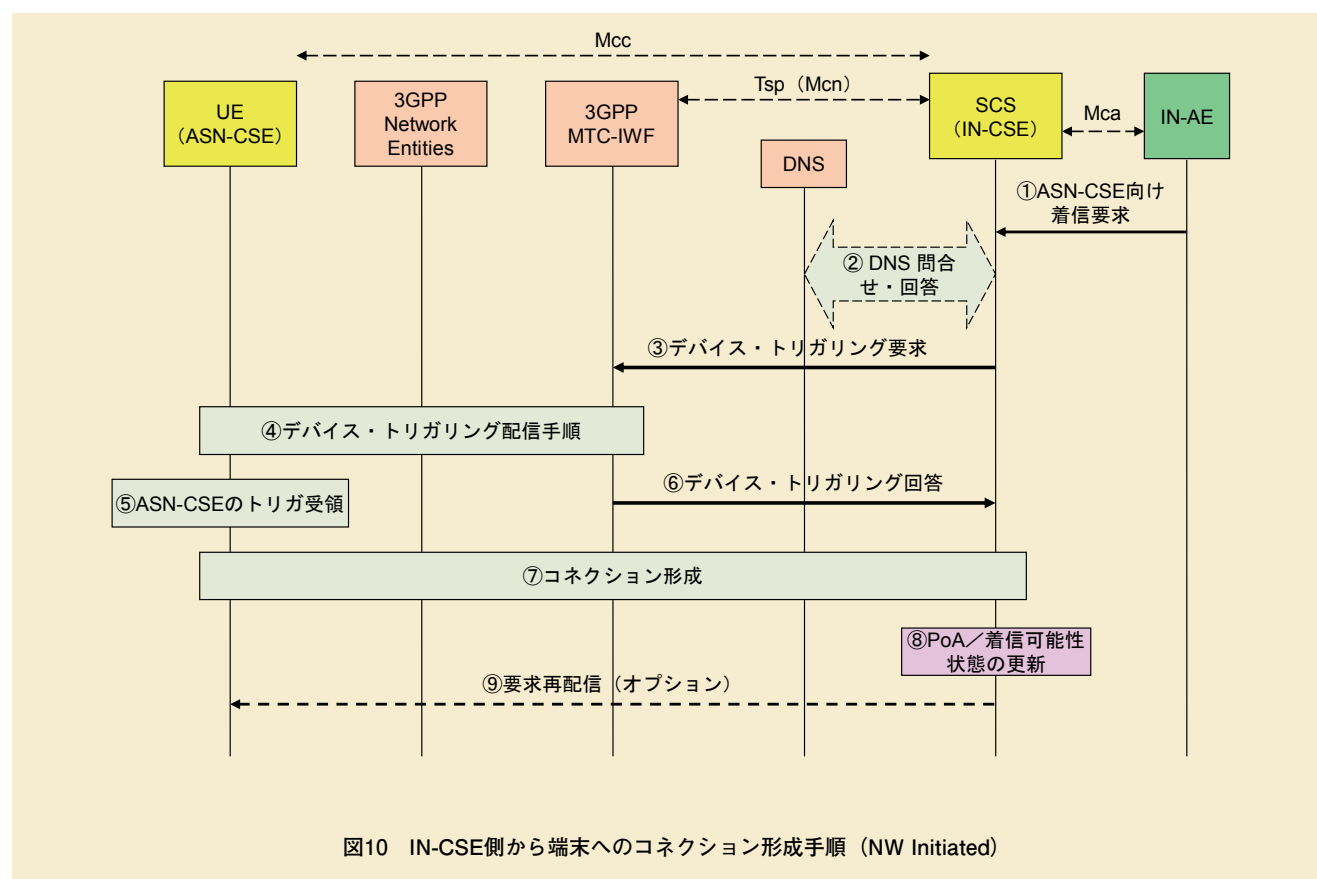
本稿では、はじめにoneM2Mの組織概要、初版仕様の概要、機能概要とその利点などを概説した。加えて、

M2Mデバイスの特徴と3GPPのMTC網概要を振り返り、最後にoneM2Mと3GPP網のMTC伝送網が一体的に動作するために必要なインターワーク機能を解説した。oneM2Mと3GPP-MTC網との間でのデバイスのトリガリング手法は、ドコモが他社とも連携し、寄与してきた部分の1つである。このような機能をoneM2Mに具備することを通し、oneM2M-PFと3GPP下位伝送網とが一体となり、連携の取れた制御と利用が可能となる。

oneM2Mでは、Release-1の仕様完成を受け、次期リリースの要求条件議論が開始されている。また、3GPPにおいてもRelease-12/13の

活動において、oneM2Mなどの外部サーバとの連携を高めたAESE (Architecture Enhancement for Service Exposure)[9]や、MTCのグループ制御を行う機能[10]や、モニタリングに関する機能[11]も検討が進んでいる。

また、トリガリング手法もSMSに代わる、別手法の提案の可能性も控えており、一層の機能連携を通し、より利便性の高い、M2Mサービスの提供基盤となることが期待されている。M2Mサービスの応用は広く、例えばIoTなどへの適用も今後一層進むものと思われる。このようなサービス適用は進化し、今後も発展していくと考えられるので、これら



の動向把握を続けていきたい。また、商用利用などの観点においても、他社との連携も含め、その動向を注視していきたい。

文 献

- [1] oneM2Mホームページ.
<http://www.onem2m.org/>
- [2] 3GPP TR23.888 V11.0.0: “System improvements for Machine-Type Communications (MTC), Release-11,” Dec. 2012.
- [3] 木下 泰三: “ワイヤレスM2Mでスマート社会を!,” 日立製作所, 新世代M2Mコンソーシアム 公開シンポジウム, Nov. 2013.
http://ngm2m.jp/m2m/files/kouen_kinoshita.pdf
- [4] D. Boswarthik, O. Elloumi, and O. Hersent: “M2M Communications: A systems approach,” 1st Edition, Wiley, 2012.
- [5] 藤田 隆史, 後藤 良則, 小池 新: “M2Mアーキテクチャと技術課題 (〈特集〉M2Mサービスを支える情報通信技術), 信学会誌, Vol.96, No.5, May 2013.
- [6] 堀 賢治, 服部 雅晴, 吉原 貴仁, 井戸上 彰, 山崎 徳和: “M2Mエリアネットワーク (〈特集〉M2Mサービスを支える情報通信技術),” 信学会誌, Vol.96, No.5, May 2013.
- [7] oneM2M TS-0001 V1.0.0: “oneM2M Functional Architecture,” Dec. 2014.
- [8] 3GPP TS23.682 V11.5.0: “Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications, Release-11,” Sep. 2013.
- [9] 3GPP TR23.708 V1.0.0: “Architecture Enhancements for Service Capability Exposure, Release-13,” Dec. 2014.
- [10] 3GPP TR23.769 V1.0.0: “Group based Enhancements, Release-13,” Dec. 2014.
- [11] 3GPP TR23.789 V1.0.0: “Monitoring Enhancements, Release-13,” Dec. 2014.
- [12] 3GPP TS23.401 V11.11.0: “General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access, Release-11,” Dec. 2014.
- [13] 3GPP TS23.060 V11.12.0: “General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2, Release-11,” Dec. 2014.

信頼性の高いサービス提供に向けた サービス制御装置「F-SCP」の開発

ドコモの移動通信ネットワークにおいて、IPSCPは、加入者情報の管理、発着信、付加サービスの提供など重要な役割を担い、そのため高い信頼性が求められている。そこで、信頼性を高めるため、IPSCPを制御部であるF-SCPとDB部であるD-SCPに分離した。分離することで、交換機などの対向装置は、どのF-SCPにアクセスしても加入者情報（D-SCP）にアクセス可能となる。これにより、F-SCPの負荷分散や、F-SCP障害時の迂回制御など高信頼性を保障することが可能となる。本稿では、F-SCPについて解説する。

ネットワーク開発部
かぎ ともり かきしま じゅん
嘉義 智紀 柿島 純
やまもと こうへい はせがわ とおる
山本 航平 長谷川 徹

1. まえがき

移動通信ネットワークにおいて、ユーザの加入者情報や位置情報を管理し、位置登録や発着信制御を行うHLR（Home Location Register）^{*1}/HSS（Home Subscriber Server）^{*2}機能をドコモではIPSCP（IP Service Control Point）で実現している。昨今、M2M（Machine-To-Machine）^{*3}端末の普及により管理する加入者番号数の増加や、VoLTE（Voice over LTE）などの新規サービス追加によってIPSCPに対するトラフィック増加が想定されている。そのため、加入者数増加に対して、効率的に装置をスケールアウト^{*4}することを目的として、IPSCPから、DB機能をD-SCP（Database SCP）として分

離した[1]。

現状、制御部についてはIPSCPを流用しているが、今後のトラフィック増加に耐え、災害や障害が発生した際にも処理を継続し、高信頼なサービスをユーザに提供するため、IPSCPの後継として、新たにF-SCP（Front end SCP）を導入する（図1）。

本稿では、F-SCPの装置構成、負荷分散と信頼性向上の実現方式、分離により生じる課題およびその対策について解説する。

2. F-SCPへのラウンドロビン選択による信頼性向上

F-SCPの各対向装置は、これまで加入者の電話番号などに基づいて

送信先のIPSCPを選択していた。今回導入するF-SCPは加入者情報を保持しないため、各対向装置は加入者情報に基づいてF-SCPを選択する必要がない。そのため、負荷分散と危険分散を考慮し、信号送信先のF-SCPに対するラウンドロビン選択^{*5}を実施する（図2(a)）。これまでのIPSCPはACT/SBY構成^{*6}を採用していたことから、ACT/SBY両方のユニットが障害となった場合は該当加入者情報にアクセスできなくなっていた。しかし、ラウンドロビン選択を実施することにより、複数のF-SCPが障害となった場合もサービス継続が可能となる。また、特定番号に対してスパイクトラフィック^{*7}的に信号数が増加した場合も、複数のF-SCPへの負荷分散

*1 HLR：3GPP上で規定される加入者情報の管理機能、および呼処理機能を有する論理ノード。

*2 HSS：3GPP上で規定される加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

*3 M2M：機器間の通信を意味する。人間の介在なしに機器どうしがコミュニケーションして動作するシステム。

ンして動作するシステム。

*4 スケールアウト：サービス要求の増加などにより、網内の処理量が不足した際に、新たなリソースを追加して割り付け、処理量の増強を行う。

が可能である。

また、F-SCPに障害が発生した場合、各対向装置は、障害と判断するF-SCPをラウンドロビン選択対

象から外し、信号を送信しない制御を行うことにより、サービスを継続させる（図2(b)）。

3. F-SCP装置構成

(1)装置構成

IPSCPおよびF-SCPのハード

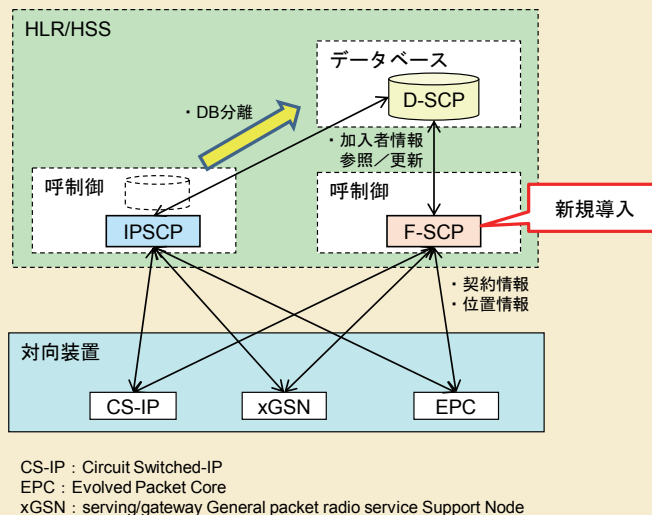


図1 F-SCP～D-SCP ネットワーク構成

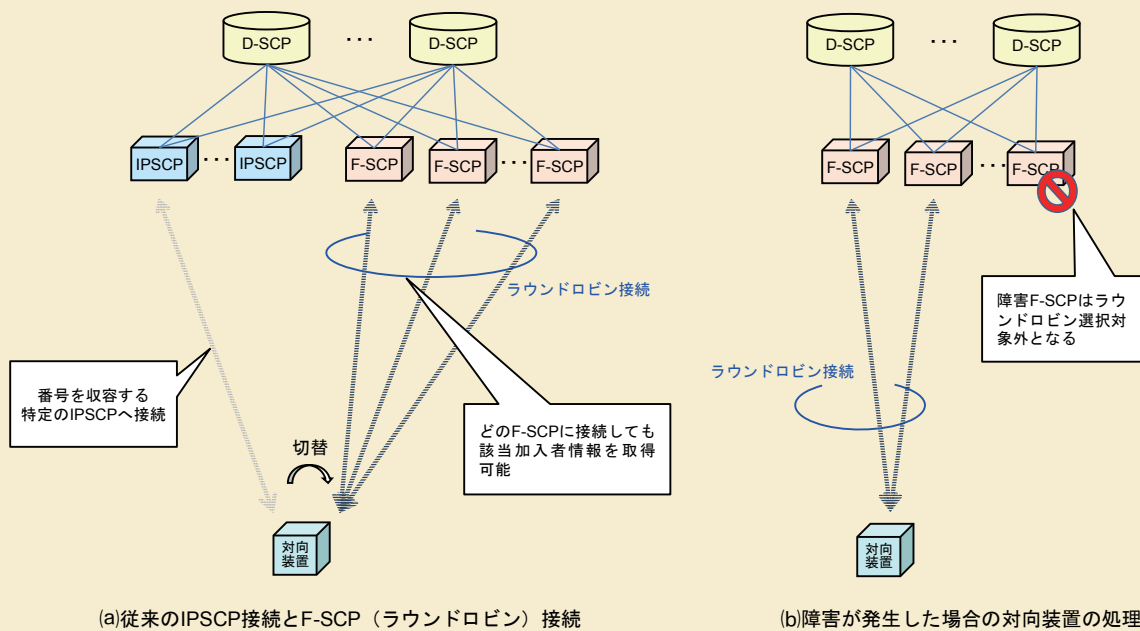


図2 ラウンドロビンの概要

- *5 **ラウンドロビン選択**：ラウンドロビンを用いた選択方式。ラウンドロビンとはネットワークの負荷分散方式の1つ。同一の処理を行うことができる装置を複数用意して要求されたプロセスを順番に割り振る。
- *6 **ACT/SBY構成**：同一機能を搭載したサーバを2台設置し、1台を運用し（ACT系）、残りの1台を待機状態（SBY系）にするこ

と、ACT系サーバ故障時に即座にSBY系に処理を引き継ぐことでサービス停止を防止するシステム構成。なお、SBY系サーバは切替えに備えて、常時ACT系サーバと同じ状態を保持している。

- *7 **スパイクトラフィック**：突発的に増加したトラフィック。

ウェア構成図を図3に示す。

IPSCPおよびF-SCPともにFEP (Front End Processor) /FS (File Server) /USP (User Service Processor) を実装している。

FEPは、Diameter^{*8}/GSM-MAP (Mobile Application Part)^{*9}のプロトコル終端を有するブレード^{*10}で、FSはHTTP/SO (Service Order)^{*11}プロトコル終端、規制制御を有するブレードである。IPSCPとF-SCPで機能差分はない。また、高信頼性を担保するため、FEP、FS共にACT/SBY構成としている。

USPは加入者情報をもとにサービスを提供するための呼処理、D-SCPを特定するためのアドレス解

決をするブレードである。IPSCPはUSP内に加入者情報を保持しているため、ユーザの呼処理を特定のUSPで行う必要がある。USPをACT/SBY構成にし、USP障害時はSBY系にて代替処理することで高信頼性を担保した。一方、F-SCPは、USP内に加入者情報を保持しないため、USP障害時に他のどのUSPでも代替処理することが可能となり、複数のUSPが障害になっても処理ができることから、nACT構成^{*12}を採用した。

(2)ラウンドロビン選択

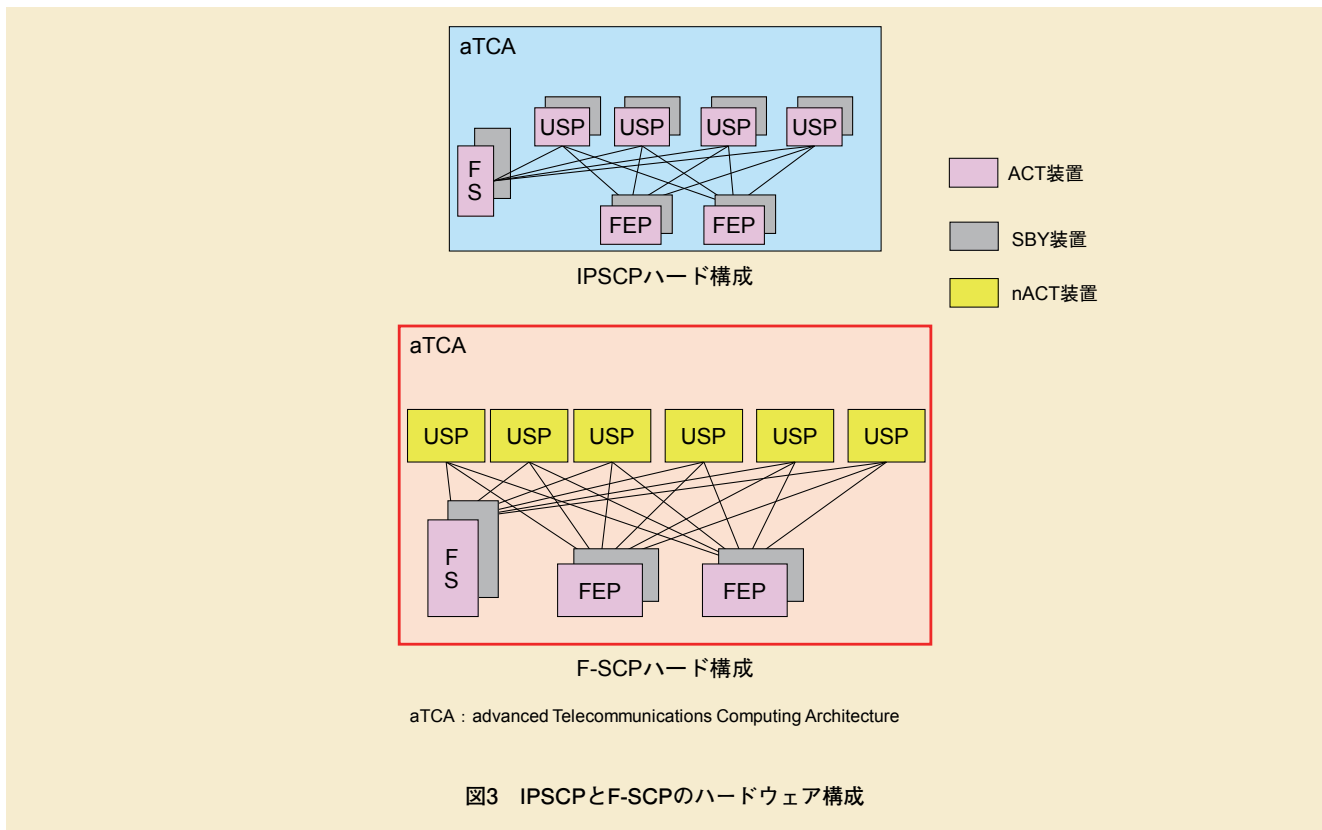
対向装置は、FEP、または、FS単位でラウンドロビン選択を実施する。また、F-SCP装置内において

も、負荷分散および信頼性向上を目的として、ブレードのラウンドロビン選択を実施する。対向装置から信号を受信したFEPおよびFSは、USPに対してラウンドロビン選択を実施する。USPに対するラウンドロビン選択の概念図を図4に示す。

4. 孤立化制御

F-SCPは、呼処理機能を担っており、障害時にもサービスを継続させる必要がある。サービス継続のための代表的な機能であるF-SCPシステム孤立化およびUSP孤立化について解説する。

孤立化とは、対向装置および対向ブレードが、該当F-SCPおよび該



^{*8} **Diameter** : RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) をベースに機能を拡張したプロトコルで、IMSにおける認証/認可/アカウントングに利用される。

^{*9} **GSM-MAP** : HLRとSGSNの間で使用される通信プロトコル。

^{*10} **ブレード** : ブレードサーバのケースに挿入

して用いる装置。主に、CPUやメモリを搭載しているサーバを指す。

^{*11} **SO** : 顧客情報管理システムとの信号送受信に用いられるプロトコル。

^{*12} **nACT構成** : n台のサーバが並行稼働して、処理負荷を分散する。1台のサーバで障害が発生した場合、他のサーバで処理を引き継ぐことが可能。

当USPに対するラウンドロビン選択を実施しないようにする機能のことである。

4.1 F-SCPシステム孤立化

F-SCPがシステム障害を発生している場合、F-SCPは自律的にシステム孤立化処理を行う。その後F-SCPが孤立化したことを、対向装置が検出しラウンドロビン選択先から削除する。

F-SCPがシステム孤立化を実施する契機について以下に示す。

- ①USPが3台以上故障
- ②FSが両系故障^{*13}・再開（再開中（装置再起動中）はサービスが中断）
- ③FEPが両系故障・再開

復旧契機については、コマンドに

よる手動復旧のみとしている。なぜなら、F-SCPと対向装置間の回線が不安定な状態になっている場合に、孤立化と復旧を繰り返す恐れがあること、および、F-SCPの安定性確認を必ず行うことを考慮しているためである。

対向装置におけるF-SCPの孤立化判断基準について主なものを以下に示す。

- ・リンク切断（GSM-MAP接続）
- ・SCTP（Stream Control Transmission Protocol）^{*14} Association^{*15}未確立時に、F-SCPが、対向装置からの接続要求に対してAbort^{*16}応答する。または、対向装置がF-SCPとのヘルスチェック^{*17}異常を検出する（Diameter接続）
- ・対向装置のLB（Load Balanc-

er）^{*18}がF-SCPから接続可否情報を取得（HTTP接続）

障害の検出および復旧シーケンス例を図5に例示する。

F-SCPが自律的に孤立化を実施する時には、対向装置側の信号バッファ溢れおよびリソース影響がないようにするため、SCTP通信を瞬時に切断する。

4.2 USP孤立化

USPがシステム障害を発生している場合、FEP/FSはサービス継続性の観点から、ラウンドロビン選択先から削除する。

FEP/FSは以下の検出契機を有し、サービスが継続できないと判断した場合は対象USPを孤立化させる。

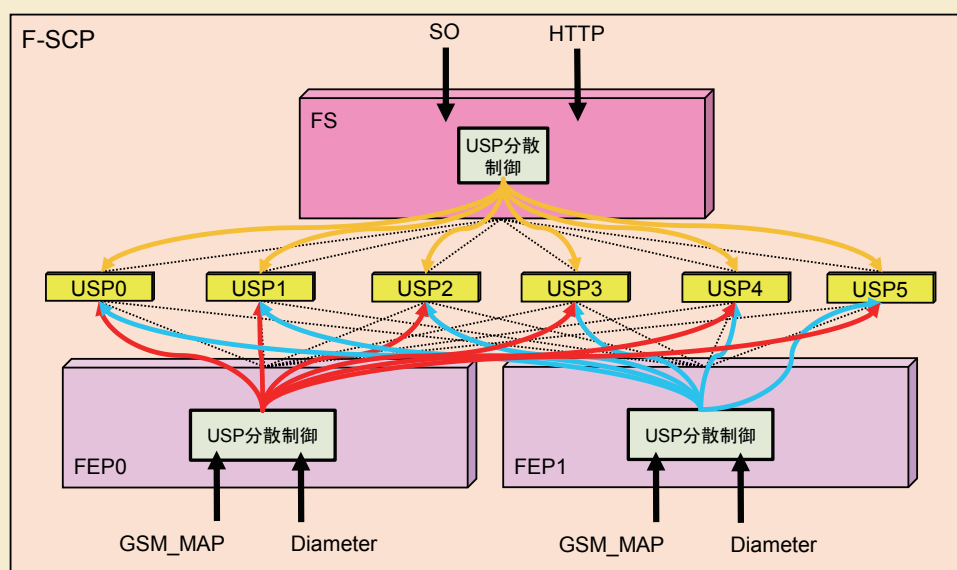


図4 USPラウンドロビンの概念

^{*13} 両系故障：二重化装置である稼動系と予備系の両系が故障。

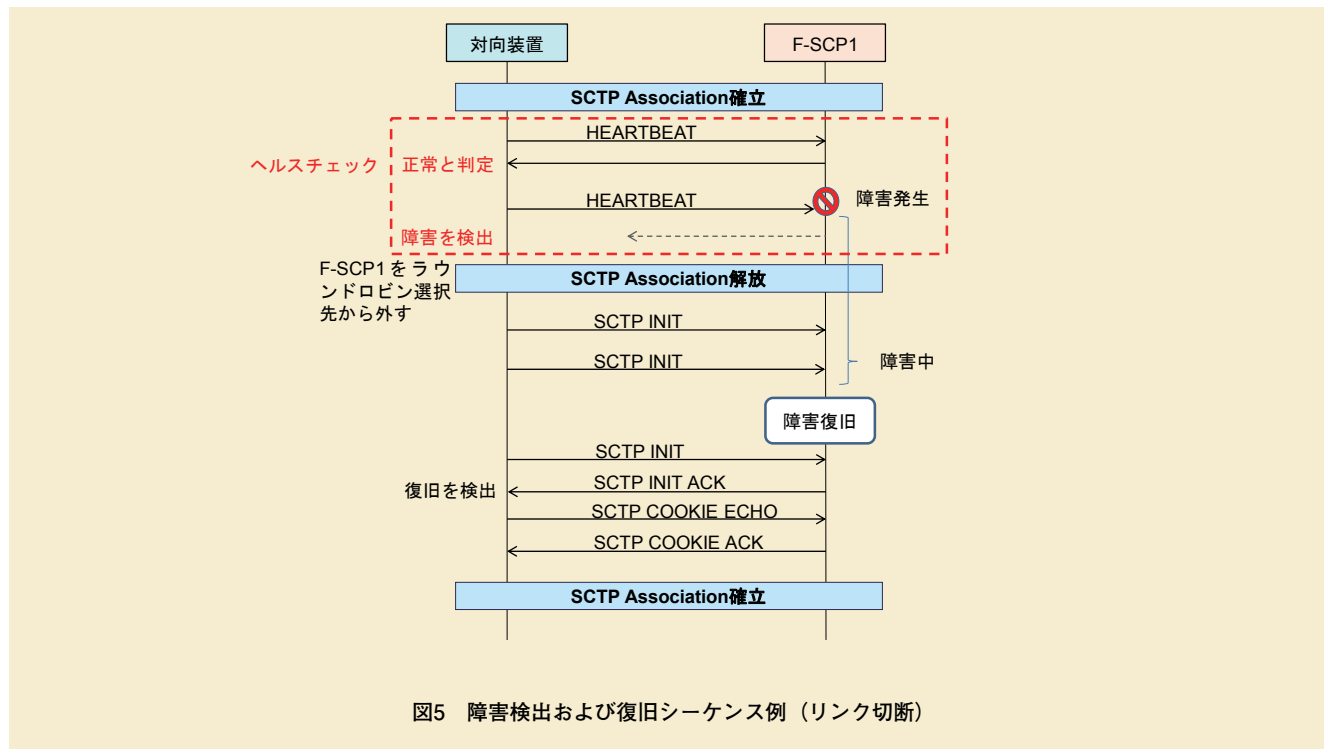
^{*14} SCTP：電話網のプロトコルをIP上で転送する用途で作られたトランスポート層のプロトコル。

^{*15} Association：SCTPにおいてサーバ・クライアント間で通信経路が確立されていること。

^{*16} Abort：要求信号に対して拒絶、または、通信を切断すること。

^{*17} ヘルスチェック：隣接装置の稼動状態を定期的にチェックすることにより、異常の発生を検知する方式。

^{*18} LB：クライアントからの要求信号に対して、複数サーバの負荷分散や障害検出を行う装置。



①USP再開発生

②USP故障，USPとの通信異常を一定時間検出

また，USPは下記の検出契機で，自身のUSPの孤立化処理を行う。

③D-SCP（DBP：Data Base Processor^{*19}）間ヘルスチェック全異常

復旧契機としては，以下の通りである。

- ・USP再開が終了
- ・USPとの通信状態が一定時間正常
- ・D-SCP（DBP）間ヘルスチェックが1つでも可能

また，コマンドにより手動で指定

USPを孤立化／復旧させることも可能である。

5. ラウンドロビン選択による課題

(1)課題

F-SCPとD-SCPの分離およびラウンドロビン選択の実施に伴い，特定のD-SCPに収容されている番号帯への呼処理が集中した場合，複数のF-SCPから1つのD-SCPに信号が集中する可能性があり，その際，D-SCPが輻輳^{*20}に陥ることが想定される。そこで，この課題への対策として，F-SCPはD-SCPへの流量制御機能を具備する。

(2)流量制御規制

流量制御の概念図を図6に示す。D-SCPでは，各DBPがトラフィッ

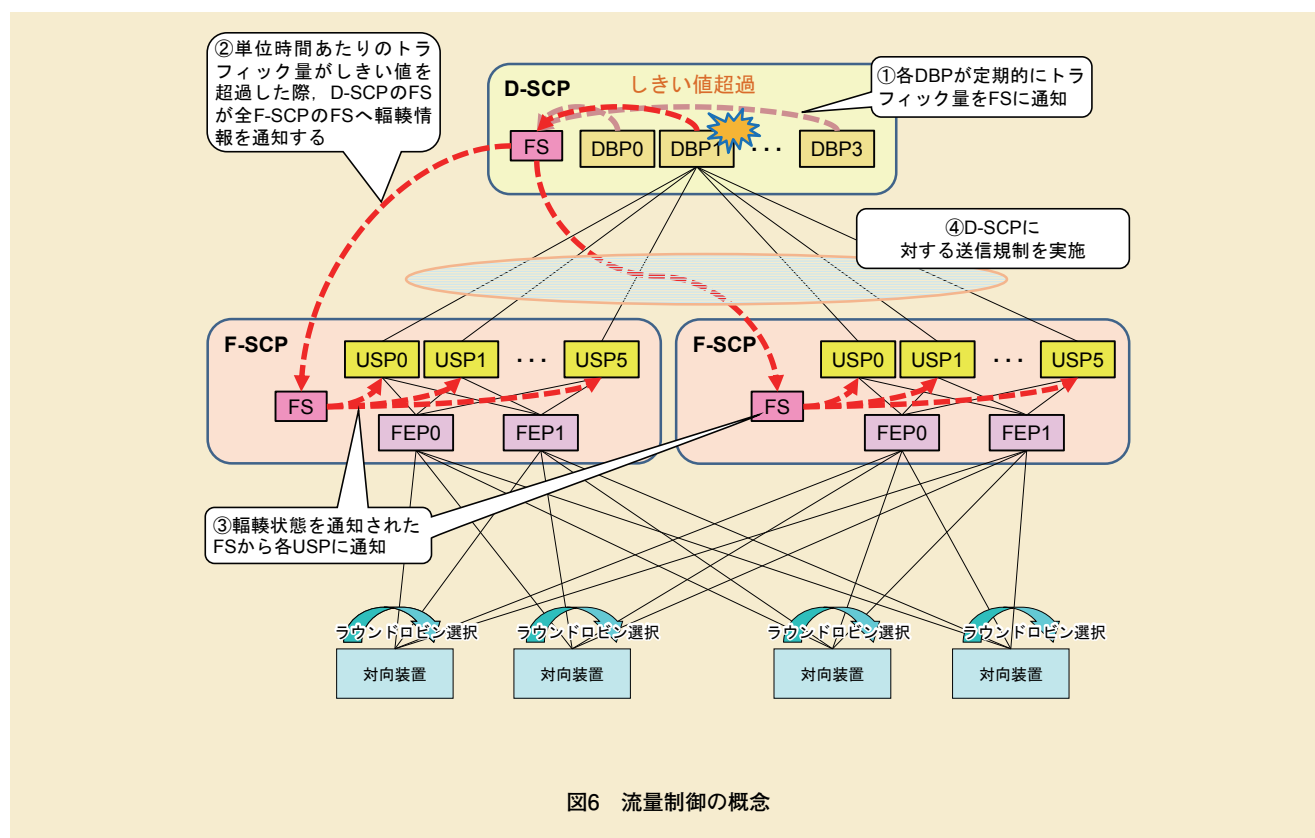
ク量を定期的にFSに通知している。D-SCPのFSでは，DBPのトラフィック量のしきい値を超過しないか監視している。単位時間あたりのトラフィック量がしきい値を超過した場合，D-SCPのFSは全F-SCPのFSへ輻輳情報を通知する。F-SCPのFSではシステム内全USPにその輻輳情報を通知し，D-SCPへの送信規制を実施する。

6. あとがき

本稿では，IPSCPの後継装置として位置づけられるF-SCPについて，対向装置間ラウンドロビン選択機能，装置構成，装置内でのラウンドロビン選択機能，孤立化制御機能および，D-SCP輻輳時の流量制御規制機能について解説した。F-SCPおよび

^{*19} DBP：D-SCP内で加入者情報を保持するブレード。F-SCPからの参照要求に対してF-SCPへ加入者情報を通知し，また，更新要求に対して加入者情報の更新を実施する。

^{*20} 輻輳：通信の要求が短期間に集中して通信制御サーバの処理能力を超え，通信サービスの提供に支障が発生した状態。



D-SCPの導入により、今後のトラフィックや加入者の急増に対して迅速かつ柔軟に対応することが可能となる。また、災害などの障害時にもユーザにサービスを提供し続けるこ

とが可能となる。

今後は、すべての対向装置の接続先をIPSCPからF-SCPに移行させることを予定しており、さらなる性能向上や機能追加を行っていく。

文 献

- [1] 大塚，ほか：「ドコモの多彩なサービスを支えるサービス制御装置の高度化，」本誌，Vol.20，No.4，pp.37-42，Jan. 2013.

法人システム構築受託における上流工程の品質強化

ソリューションビジネス部 甲賀 千尋 水田 成仁

1. まえがき

ドコモ法人営業では回線や端末、ドコモサービスの販売に加え、法人のお客様の個別要望に沿ったオーダーメイドのシステムを提供している。お客様の要望はモバイルを活用したサービス提供や社内の業務効率化、MDM（Mobile Device Management）^{*1}や衛星電話アンテナ取付けなど多岐にわたる。これらは要望が具体化されている場合やゼロから一緒に作り上げる場合があり、相談やコンサルティングで完結するものから独自のハードウェア開発までさまざまな案件で構成される。しかしながらどのような案件においても共通するのは、お客様へのヒアリングやディスカッションを重ね、要望を明確にしていくなプロセスであり、この過程で業務課題を抽出し解決方法を検討する。そして課題解決の手段としてシステムを提案し、お客様と合意を得ることができれば設計に着手することとなる。このようにしてシステム構築の受託業務を進めている。

お客様が用意する予算やスケジュールはさまざまであり、複数の解決手段を比較検討できる案件もあれば手段が特定される案件もある。結果的にシステムの内容が似通っていたとしても、構築に至るまでの検討はそれぞれ異なる。この特徴からすれば受託案件は個別に管理することが望ましい。しかし扱っている案件の数が多く品質管理手順が煩雑となるうえ、個別に管理することは品質のばらつきを引き起こす原因にもなる。そのため受託案件を管理する定まった枠組みが必要となり、受託案件を1つのプロ

ジェクトとして捉え、提案から構築までの業務を一連の工程に当てはめて品質を確保している。この工程ごとに実施する業務内容と手順を定め、受託案件の標準の流れとしている。加えて工程ごとの成果物を定め、工程の節目で実績を確認することでプロセスごとの品質管理を行う。

本稿ではドコモの受託プロジェクトの特徴とその品質管理の取組みを紹介する。

2. ドコモの受託プロジェクト

ドコモにとって受託プロジェクトの受注は回線契約増大のチャンスでもある。ドコモ回線をシステムのアクセス回線に採用いただければ回線契約が増え、かつ一定期間、継続してのご利用が期待できる。そのためにシステムの検討では柔軟な対応をしており、お客様の要望と条件に最適なものであれば、ドコモサービスに限らず他社のパッケージ製品やサービスも採用する。また必要に応じてカスタマイズやスクラッチ開発^{*2}も行う。今やモバイルはほとんどの業種・業界で活用されており、例えばM2M（Machine to Machine）^{*3}での利用シーンが拡大しているなど、今後の発展も期待できる。受託プロジェクトでも多くの要望をいただいております年間の案件数は2,000以上にのぼる。これらを回線拡大の機会と捉え、積極的に取り組んでいる。

受託プロジェクトの体制は、営業が提案しSEが技術支援を行う。システム設計工程が始まればSEが主管となり作業を進め、モノ作りの体制を整えるために採用した協力会社に業務を委託する。さらに

^{*1} MDM：法人で社員が使うスマートフォン端末を一元で管理するために用いられる仕組み。端末利用状況の収集、端末の一括設定、遠隔操作などが可能。

^{*2} スクラッチ開発：ソフトウェア開発において、既存の製品に機能追加などのカスタマイズをせず、まったく新規にゼロから開発すること。

^{*3} M2M：機械間で自動的に行われる情報通信のこと。

SEの中には品質管理の役割が設けられており、受託プロジェクトの品質に責任を持つ。SEはプロジェクトごとに品質を確保する取り組みを行い、品質管理担当が工程のポイントで重点的なチェックを行っている。

3. 受託プロジェクトの品質管理

受託プロジェクトは、お客様からご要望をいただきプロジェクトを発足させるものが年間で2,000件以上あり、このうち見積りを提示するものは600～700件、受注となるものは200～300件である。これらを管理するためにお客様の要望、予算、スケジュールなどの制約条件から品質リスクの高低を識別してプロジェクト进行分类する。次にリスクの高いものに対して将来トラブルの原因となるポイントを見極め、そのうえで進捗状況をモニターしている。品質リスクを見誤ると仕様変更や工数増加、工期延長などを招く。それらの発生は費用の増加を招き赤字に直結する。さらに契約どおりに業務を履行できなければ契約の変更が必要となるとともに、お客様とのリレーションシップにも影響を及ぼしかねない。このような事態を避けるためにも品質管理を徹底する。管理の手法については、プロジェクトマネジメントの標準を踏まえているものの、そのまま適用することはできない。なぜならシステムに対する要望と、それに対する予算やスケジュールをコントロールするのはドコモでなくお客様だからである。そのため標準の手法をアレンジし、独自の工夫を加えている。

品質管理の具体的な取組みを受託プロジェクトの標準工程とともに解説する(図1)。見積工程と構築工程で品質管理の「関所」を設けている。

(1) 見積工程の関所【PJ審議会】

見積りはプロジェクトのスコップと収支の土台となる重要な工程であり、どのような業務のプロジェクトでも行う工程でもある。プロジェクト提案審議会(以下、PJ審議会)では各プロジェクトの見積内容をチェックする。全工程の上流となる見積工程で難易度や品質リスクを確認し、下流の構築工程でのトラブルを防止する。具体的な取組みは構築業務内容によりプロジェクト进行分类しお客様要望に対するシステム内容、プロジェクトスケジュール、体制にトラブルの要因はないかを見極める。最終的に回線契約の状況、今後の発展性など背景情報も踏まえて見積金額の妥当性を判断する。PJ審議会の承認を得て、はじめてお客様に見積提示を行うことができる。

見積りでは期日に提示できなければ受注確度が下がることもあり、お客様の要求に合わせたスピード感が重要となる。このためPJ審議会では専用の様式を設けて迅速に審議を行う工夫をしている。この様式は、業務内容にかかわらずチェックすべき項目をPMBOK®*4から選んで構成されている。様式に従いプロジェクトの内容を整理することで業務の多様性を吸収するとともに、標準的な考え方を下敷

*4 PMBOK®: プロジェクトマネジメントについての知識や手法を体系化したもの。国際的にも標準とされている。プロジェクトマネジメント協会の登録商標。

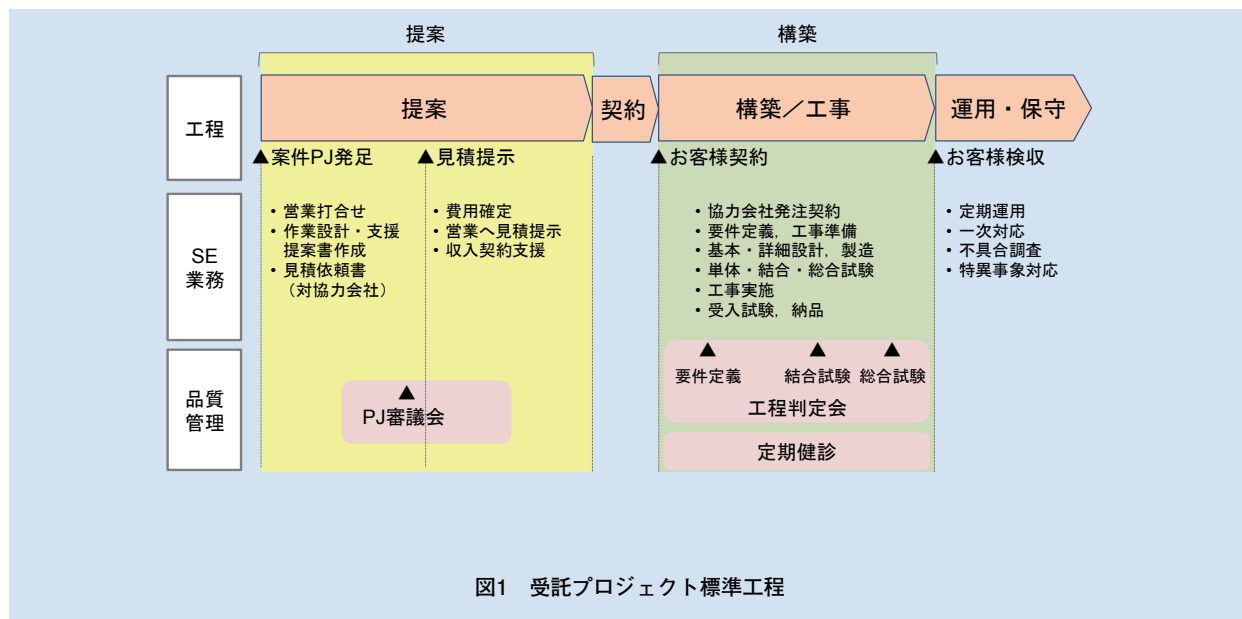


図1 受託プロジェクト標準工程

きに一定の品質を確保している。

(2)構築工程の関所【工程判定会】

工程判定会はPJ審議会でリスクが高いと認識されたプロジェクトの構築工程を管理し、要件定義、結合試験、総合試験の各工程が問題なく完了できているか確認する。スコープは拡大していないか、構築システムの品質は問題ないか、サービス開始の準備は整っているかがそれぞれの管理の観点である。各工程での管理を重ね、状況に応じた対策を打つことでシステムの品質を高めていく。構築工程ではWBS（Work Breakdown Structure）^{*5}、課題管理表、コメント／Q&A表などの管理ツールを活用しており、それらを材料にプロジェクト計画と実績に差異がないかを分析する。

(3)受託プロジェクトの定期健診

さらに構築工程プロジェクトを一元管理し、それぞれの状況をモニターしている。いずれかのプロジェクトで課題が発生した場合、早急に察知し対策を練る。構築工程での状況は日々変わっていくため、個々のプロジェクト状況を定期的に、継続してモニターすることが重要となる。これを踏まえ週ごとに状況を取りまとめ、受託プロジェクトの関係部署全体に共有して確認を行っている。人間に例えれば定期健診で健康状態をチェックしているのである。

対象は毎週100件以上になるため、管理には工夫が必要となる。ドコモでは、案件ステータスシートと名付けた管理ツールを作成しており、信号機（青／黄／赤）のアイコンで状況を表現し、多くの中から問題あるプロジェクトをすぐに認識できるようにしている（図2）。信号機アイコンは分かりやすく状況を示すとともに、受託プロジェクトでの共通認識・共通言語として定着している。

4. システム障害ゼロ化に向けて

2010年度に全国の法人営業部門に統一して適用

される品質管理の社内制度として受託プロジェクトの品質管理規程・細則が定められ、この規定・細則にPJ審議会、工程判定会が謳われ実施が徹底されている。また規定・細則と併せて受託プロジェクトの業務マニュアルもブラッシュアップされ、法人営業部門を対象に認証取得しているISO9001の要求事項に則した業務フローが整備されている。これらの制度を整備し施策を継続することで品質管理の意識が定着し、受託業務全体の品質底上げに貢献した。

これらを通して品質の基礎が固められたことにより、さらに一歩踏み込んだ品質管理での工夫点が見えてきた。お客様要望が明確でない、もしくは細部にわたり複雑、関係するプレイヤーが多い、などのプロジェクトは概して難易度が高い。プロジェクトを進めていくうえでの調整・確認事項が多く、その進め方も複雑となる。このようなプロジェクトでは、要望の実現方法や方式をきめ細かく管理することがなおさら重要だと分かってきた。例えば、実装する機能の詳細仕様や、複数条件が組み合わされたもとのシステム動作、またパッケージ製品やミドルウェアのパラメータ設定などである。これらを十分に把握しておくことは、結果としてスケジュール遅延防止やサービスの安定運用に寄与するのである。

4.1 事例の要因分析

そこで品質管理担当では難易度の高いプロジェクト事例をもとに、さらなる品質強化の手法確立に取り組んだ。事例からは上流工程と言われる要件定義・基本設計工程からさかのぼり、見積工程で注力すべきポイントが含まれていることが分かった（図3）。要件定義や基本設計での作業は見積りでの検討内容が前提となり、品質強化の観点も見積工程にたどり

^{*5} WBS：プロジェクト管理において、プロジェクト全体を細かい作業まで分解して計画を立案する手法。

ID	種別	PJ名	工程	状況	課題・進捗	対策	PL
12011	システム構築	作業管理システム	製造		システム間接続インタフェース仕様の認識誤りが判明	作業をいったん止めて影響範囲を確認中	××××
12023	システム構築	日報入力アプリ開発	詳細設計		データ保存機能で方式変更を行う	2日遅れだが、要員追加でリカバリ予定	××××
13255	システム構築	RADIUS環境構築	要件定義		要件最終確認中	特になし	××××
13670	工事	衛星アンテナ設置	基本設計		設計図面完成	特になし	××××

図2 案件ステータスシート

着くのである。見積作成ではPJ審議会で品質管理を行っているが、さらに品質向上を行える余地があることが推測された。この推測のもと、以下の改善点が抽出された。

①提案工程の実態把握

PJ審議会までどうプロジェクトに取り組んでいるかの状況が十分に把握できていない。見積りに稼働がかかっていることは把握できているが、どのように見積りを作成しているか詳細に実態を把握する。

②プロジェクト評価と対応

プロジェクトの難易度や大変さの判断を上流工程の初期から行うべきである。難易度が高いと判断した場合のプロジェクトにSEを集中する仕組みを整備する。

これらの点について対応策が検討され、品質強化

の新たな手法を確立する取組みを開始した。

4.2 対策の実施

(1)提案工程の見直し

まず「提案工程」という枠組みに着目した。これまでは、発足したばかりのプロジェクトも、見積りを作成しているプロジェクトも「提案工程」のひと括りで管理していた。しかし提案の進捗に伴い掛かるSEの稼働や、管理すべき内容も変わるはずである。この考えのもと「提案」は1つの工程から「提案準備」「要望ヒアリング」「見積作成」「見積提示」の4つの工程に再構成し、それぞれの業務内容と位置づけを整理した(図4)。

(2)プロジェクトの見える化

次に4つに再構成された工程ごとにプロジェクトを分類し直した。これらを前述の案件ステータスシート(図2)での管理に組み込んだ。従来、提案

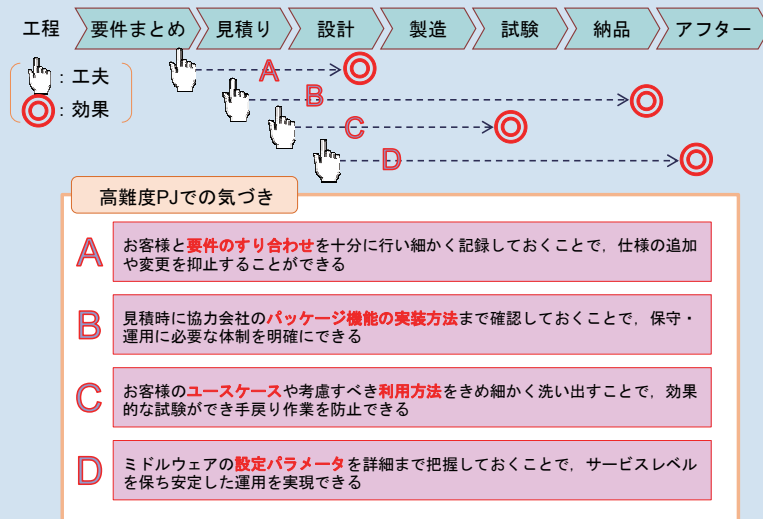


図3 高難度プロジェクト事例からの気づき

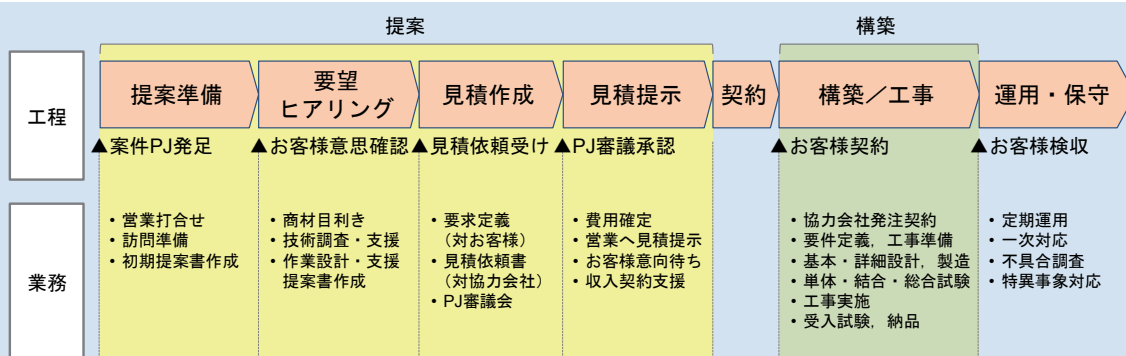


図4 提案工程の見直し

工程プロジェクトは第三者のチェックを受ける機会が少なくなりがちで、PJ審議会までリスクのクロスチェックを待つことがあった。これに対し、案件ステータスシートでの管理により提案工程の全体像が明らかになり、PJ審議会より上流での管理が可能になった。静観して問題ないもの、積極的に管理すべきものの識別が進み、これらを示すためプロジェクト管理に「ランク」の概念を導入した。トラブルの発生する恐れの高いものからS/A/Bの3つのランクで区分し、案件ステータスシートの項目に追加するようにした。Sランクは特にトラブルへの警戒が必要な「重要案件」と位置づけられた。加えて提案の進捗に伴い難易度やリスク、受注確度などが変化するため、それらの状況に従って管理の密度を調整する取組みを開始した。営業管理のパイプラインマネジメント^{*6}の考え方を取り入れ、受託プロジェクト向けにアレンジしたのである。

(3)要員の見える化

さらにSEの稼働状況についても分析した。それまでは1人のSEが複数の受託プロジェクトにアサインされている状況であり、SEアサインは所属の各マネージャが差配していた。これをいったん集約し、SEのアサイン状況を一覧化、案件ステータスシートと突き合わせてプロジェクト体制の棚卸しを行った。棚卸しの過程でSEを増員すべきもの、減員させても問題ないものを整理し、要員配置を適正化した。また案件ステータスシートで状況が共有されることにより担当を横断した体制を作ることや、他担当のスキルの高いSEに応援を求めることが促進された。

(4)受託契約の分割

上記の施策と併せて受託契約を分割する取組みを開始した。構築／工事工程の中で、要件定義工程と残りの工程を分割して契約し、要件定義でスコープを確定させ作業や調整内容を明確にする。可能な限り不確定要素を取り除いたうえで残工程の契約を結ぶ。特に重要案件ではこの形態での契約を結ぶことに注力した。

4.3 強化施策の成果

これら複数の施策を段階的に実施し、案件ステータスシートでの管理を継続した。新しい品質管理施策を定着させるためには会話を増やす、時間をかけて議論を尽くす、批判でなくアドバイスを、な

ど労を惜しまずにコミュニケーションを重ねることが必要である。品質管理担当がSEと直接対話を数多くこなしていくことで、担当者や、マネージャの悩みや課題を拾い上げ、品質管理施策の定着を図った。

提案初期でのお客様要望は曖昧でプロジェクトの先行きを見極めることは容易でない。内容や状況に関わらずお客様、営業へ貢献したいSE担当者と、間接稼働の効率化を目指す管理者では軋轢を生じることもあった。実は、この悩みはPJ審議会でも経験しているもので、PJ審議会を開始した当初は営業の熱意やスピードに応えたいSEにとってはPJ審議会のチェックに抵抗感が強かった。これに対しては、プロジェクトの状況をヒアリングするなかで担当するSEと一緒に悩み、考える姿勢をもって取り組んだ。

一方、マネージャには要員の見える化により、改めて適切にSEをアサインする難しさを突きつけることとなった。無暗に人数を増やせば良いわけではない。提案を進めるには、技術力は当然求められるものの、それだけでは勤まらず行動力や課題意識、営業とのチームワークが求められる。各SEの、言わば個性や人間性といったものが大きく影響するためマネージャはSEを多面的に、かつ深く評価しているか再度問われることになった。これに対してはプロジェクトの進捗確認とともに、品質管理担当がマネージャからの担当運営に関する議論や相談を受けることで対応した。

このように、新たな施策をトップダウンでの実施でなく、現場と一体となったボトムアップで推進した結果、赤、黄色信号がつくプロジェクトを低減させることができた(図5)。また施策開始後に提案工程にあったプロジェクトが、以降の工程で遅延や手戻りを発生させることも無くなった。従来から行っていたシステム構築工程での品質管理に加えて、提案工程での管理を行うことで受託プロジェクト品質を一段向上させることができたと言える。

5. あとがき

プロジェクトマネジメントの定石は上流工程でしっかりした管理を行うことだが、受託プロジェクトで管理すべき上流工程は要件定義でなく「超上流工程」とも言える提案工程であった。なぜならば、

^{*6} **パイプラインマネジメント**：営業活動をいくつかのプロセスに区分し、それぞれのプロセスでの状況を可視化し目標達成に対する対策を検討・実施する手法。

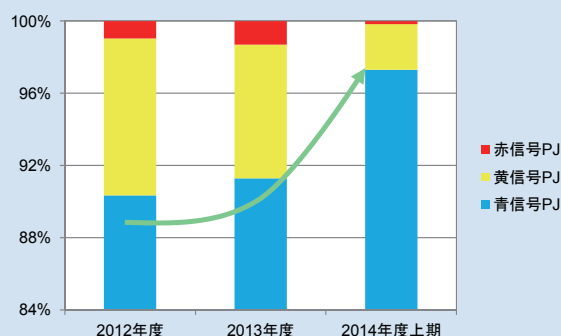


図5 受託プロジェクトの状況

お客様の要望を見極め複数ある制約の中でどうプロジェクトを進めていくか、どんなシステムを構築していくか、決定するのは提案工程においてだからである。受託プロジェクトではスコープとコストが見積りにより決定されるため、その上流、つまり要望ヒアリング工程におけるお客様へのヒアリング、ディスカッションの活動からリスクを洗い出し、低減させていく管理が必要であった。

これまでに案件の多様性に対応した品質管理の枠組みを作り上げてきたが、今回の取り組みでは、さらに受託プロジェクトの本質に即した品質管理手法を体系化することができた。これは年間約700件のPJ審議会を実施することを通して鍛えられたプロジェクトに対する洞察力によるところが大きい。

とは言え、携帯電話事業は端末・ネットワークの技術革新のスピードが速く、毎年新たな分野での受託プロジェクトが生まれている。発生する課題は経験したことがないものが多く、リスクの見極めを行うにも手が掛かる。このため超上流工程の管理も含め、品質管理手法を必要に応じて適宜改善し、進歩させていかなくてはならない。本稿の終わりに、目下取り組んでいる品質管理の改善を紹介する。

(1)プロジェクト管理システムの更改

多量のプロジェクトを管理するにはシステムの活

用が有効である。従来から独自開発のプロジェクト管理システムを活用してきたが、上流工程の品質強化に適合させるべく更改を行っている。

提案工程プロジェクトのパイプラインマネジメント管理ができる、工程ごとに実施する業務を注意喚起する仕組みが特徴である。新システムは2015年度内に運用開始予定である。

(2)納品後の案件管理

納品後のシステムは、保守契約を結ばずにお客様で運用されているものも少なくない。しかしこれらも、もし障害が発生すれば解決に向け、迅速・的確に支援を行わなければならない。瑕疵担保期間であればもちろんのこと、それ以降のプロジェクトでも対応を行うためプロジェクト概要、担当SE、システム構成などの情報をすぐに取り出せるよう整理する必要がある。このことから納品後のプロジェクトを一元管理する取り組みを開始した。

ドコモ法人営業では、今後も絶えず品質向上に取り組む、より一層ご満足いただけるシステムの提供に努めていく。

安達 文幸 元NTTドコモ 研究グループリーダー 2014年度「C&C賞」を受賞

東北大学教授の安達 文幸氏（元NTTドコモ 研究グループリーダー）が、『デジタル移動通信システムの開発と実用化に関わる主導的・先導的貢献』により、公益財団法人NEC C&C財団が表彰する2014年度「C&C賞」を、昨年11月26日に受賞しました。

「C&C賞」は、情報処理技術、通信技術、電子デバイス技術、およびこれらの融合する技術分野の開拓または研究、あるいはこの分野の進歩がもたらす社会科学的研究活動に関し顕著な貢献のあった人物に授与するもので、過去には、昨年ノーベル物理学賞を受賞された赤崎 勇博士、中村 修二博士も同賞を受賞されています。

今回、安達氏は、元エリクソン社CTOのヤン ウッデンフェルト博士、クアルコム社創業者のアーウィン M. ジェイコブス博士とともに、今日の移動通信サービスの繁栄の基礎を築いたデジタル移動通信システムの技術開発と標準化において、非常に重要な役割を果たしたことが認められ、同賞を受賞しました。

安達氏は、今日グローバルに利用されている第3世代移動通信システムに採用されている広帯域CDMA（W-CDMA：Wideband Code Division Multiple Access）方式の研究開発において、主導的な貢献を果たしました。また、第3世代の移動通信無線アクセス方式の開発当初からCDMA方式に着目し、移動通信の将来を見据えると低速から高速に至るそれまでにない広範なデータレートのマルチメディア通信を柔軟

かつ効率的に提供できるW-CDMA方式を核として、柔軟なエリア展開を可能とする非同期基地局方式などを採用すべきであることを主張し、これら方式の研究開発を世界の先頭に立って推し進めたことが認められました。

W-CDMA方式の要素技術の研究開発において安達氏と氏が率いるグループは、異なる伝送速度の通信を効率的に行う直交可変拡散率（OVSF：Orthogonal Variable Spreading Factor）符号と可変レートデータ伝送法、複数スロットパイロットを用いる同期検波受信方式、非同期基地局システム環境下でも適用可能な高速3段階セル探索法などの考案と開発によって、移動環境における高速マルチメディア通信を可能としました。これらの研究成果を基に開発されたW-CDMA方式は、第3世代の無線アクセス方式として国際標準化された後、世界の商用サービスで利用されるに至りました。

移動通信システムは、スマートフォンやタブレットの発展・普及などに伴い、インターネットサービスやソーシャルサービス、金融や健康管理・医療に至るまで、さまざまなサービス分野で欠く事のできない重要な社会インフラとなっています。現在、移動通信システムは、より広範なマルチメディアサービスを提供する第4世代のシステムへの移行が進んでおり、さらには第5世代のシステムの検討も開始されていますが、これらの基盤ともなっている移動通信システムの主要技術に関する安達氏の業績は極めて顕著であり、今後、移動通信のみならず情報通信全般の発展にも大きく貢献することが期待されています。



写真提供：公益財団法人NEC C&C財団



写真提供：公益財団法人NEC C&C財団

国際会議IEEE Globecom 2014 「Best Paper Award」受賞

DOCOMO Innovations, Inc.の石井 啓之氏[†], Colorado State UniversityのBo Yu氏, Liuqing Yang氏は, 2014年12月8～12日に, 米国オースティンで開催された国際会議IEEE Globecom 2014 (Institute of Electrical and Electronics Engineers Global Communications Conference 2014) において「Best Paper Award」を受賞しました。

本会議は, IEEE Communications Societyにおいて, ICC (International Conference on Communications) と並ぶフラッグシップの学会であり, 通信系の国際学会としては1957年から開催されている最も古い学会の1つです。IEEE Globecomには, 毎年約3,000件の論文が投稿され, 約35%が採録されます。「Best Paper Award」はこの中から特に業績が優れていると評価された14件の論文に授与されたものです。

今回, 受賞対象となった論文は, 「3D Beamforming for Capacity Improvement in Macrocell-Assisted Small Cell Architecture」です。現行のLTE/LTE-Advancedの次の移動通信規格である「5G」は, 2020年代の商用化を目指し, 世界中で検討が進められています。5Gにおいては, 2010年比で1,000倍の通信容量, 100倍のユーザデータレートの実現を目指しています。具体的には, 「3D Beam-forming/Massive MIMOの適用による周波数利用効率の向上」「3GHz～ミリ波帯の高周波数帯域の活用による周波数帯域の拡張」「スモールセルの活用によるセルの高密度化」の3つのアプローチを用いて, 上述の通信容量・速度の飛躍的な向上を実現することが想定されています。

本論文では, ドコモが提唱する「高周波数帯を広帯

域に利用するスモールセルと現在使用している低周波数帯を利用するマクロセルを組み合わせたファントムセル[®]*1のコンセプト」をベースに, スモールセルに3D Beam-forming^{*2}を適用することを提案しました。

ファントムセルコンセプトにおいては, マクロセルが, スモールセルと移動端末との間の接続の確立や解放を管理するため, スモールセルが形成する通信エリアに関しては, データ通信のみを担当すればよく, 従来の移動通信システムでは極めて重要であったカバレッジ・ホールやハンドオーバーの品質などを考慮する必要がなくなります。そのため極めて細いビームを用いた, よりダイナミックで, かつ, 柔軟な3D Beam-formingが可能となり, セル間の干渉を大幅に低減することができます。結果として, 通信容量・ユーザスループットを大幅に向上しました。具体的には, 従来の固定的なアンテナパターンを用いる場合に比べて, 通信容量で124.8%, セル端のユーザスループットで454.3%のゲインが得られました。

“ファントムセルコンセプトをベースに, 3D Beam-formingとスモールセルを組み合わせる”というシンプルな構成で, 大きなスループットゲインが得られることを明らかにし, 5Gのポテンシャル性能を示したことが評価され, 本受賞につながりました。

[†] 現在, サービスイノベーション部

*1 **ファントムセル[®]**: ドコモが提唱する高度化スモールセルシステムのこと。NTTドコモの登録商標。

*2 **3D Beam-forming**: ビームフォーミングとは, 電波を細く絞って, 特定の方向に向けて集中的に発射する技術である。基地局 (電波を発射する装置) と端末との間での電波干渉を減らし, より遠くまで電波を届けることが可能となる。3D Beam-formingとは, 水平方向と垂直方向の両方に動的にビームフォーミングを行う技術を指す。



NTT DOCOMO
テクニカル・ジャーナル Vol.23 No.1

平成27年4月発行

■ 企画編集 ■ 株式会社NTTドコモ R&D戦略部
〒100-6150
東京都千代田区永田町 2-11-1
山王パークタワー39階
TEL. 03-5156-1749

■ 発行 ■ 一般社団法人 電気通信協会
〒163-1455
東京都新宿区西新宿 3-20-2
東京オペラシティタワー13階
(東京オペラシティ郵便私書箱2522号)
TEL. 03-5353-0184

本誌掲載内容についてのご意見は
e-mail: dtj@nttdocomo.com宛

- 本誌に掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。
- 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

© 2015 NTT DOCOMO, INC.